

Marktanalysebericht

„Druckluft-Auftriebsenergiespeicher“

Auftraggeber: Ferdinand Frankl

Ansprechperson: Mag. Florian Strobl, Head of Research

Inhalt

GENERELLE ANMERKUNG DER AUTOREN ZUR RECHERCHE	5
Methode der Recherche	5
ERKLÄRUNG	6
DIE ERFINDUNG	7
ANALYSE DES PROBLEMS	10
Problem	10
Lösung des Problems	10
ALLGEMEINE INFORMATIONEN	11
Perpetual motion machine #4	11
Buoyant Wheels and Belts	13
Druckluftspeicherkraftwerke	15
Die unterschiedlichen Stromspeicher – Typen	20
Wirkungsgrade als eine Stromspeicher-Vergleichsvariabel	21
“Where to” with green power?	22
MARKTÜBERSICHT	24
Beschreibung der Konkurrenzprodukte und deren Eigenschaften	24
GRUPPE 1: ENERGIEGEWINNUNG DURCH AUFTRIEB/FALLENERGIE	27
Rosch Auftriebskraftwerk (Ihnen bereits bekannt)	27
Hidro+	30
Graviator	34
Hopper Effekt	35
GRUPPE 2: DRUCKLUFTSPEICHER UND ENERGIEGEWINNUNG	37
Druckluftspeicherkraftwerk Staßfurt	37
Kraftwerk Huntorf	40
CAEStorage - Compressed Air Energy Storage	41
First underwater compressed air energy storage project	45
UWCAES	46
Arothron	49
GRUPPE 3: ANDERE STROMSPEICHER(SYSTEME)	51
Siemens erfindet Technik, die überschüssigen Strom aus Wind und Sonne speichert, 03.07.2015	51
Pilotanlage zur Produktion von erneuerbarem Wasserstoff	53
Sonnenenergie als Gas speichern, 13. Februar 2015	55
Pilotprojekte.....	57
Großspeicher in Betrieb genommen, 19.10.2015	58
MyReserve	60

ASD HYBRID	61
Tesla Powerwall	62
Latentwärmespeicher	64
DIE SCHUTZRECHTSSITUATION	66
SCHUTZRECHTE	68
Power generation system utilizing buoyant chamber	68
Multi-source passive energy power generation	70
Luftmotor zur Erzeugung von Energie	71
Power generation directly from compressed air for exploiting wind and solar power	72
STATISTISCHE MARKTDATEN	73
Stromspeicher – Wirkungsgrad	74
Zu speichernde Stromüberschüsse in Deutschland	75
Stromspeicherkapazität - Prognose für das Jahr 2030	76
WETTBEWERBER UND POTENZIELLE HERSTELLER	77
Martin Group AG	77
E.ON SE	78
EnBW Energie Baden-Württemberg AG	79
Siemens Aktiengesellschaft	80
RWE AG	81
Ecofys	82
Ökotech GmbH	83
EmoWa UG& Co. KG.....	84
Bebotec Anlagen-, Mess- und Verfahrenstechnik GmbH	85
Sebastian Schiffer	86
Juwi Holding AG	86
RETEC – Regenerative Energieanlagen GmbH	87
AEE – Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE-Dachverband	88
PRINTMEDIEN / ZEITSCHRIFTEN	89
neue energie	89
ERNEUERBARE ENERGIEN	90
BWK Das Energie-Fachmagazin	91
STROMPRAXIS	91
e:tek	92
Energietechnologie aktuell	93
forum. newpower - Zeitschrift für erneuerbare Energien	94
e21.magazin - energie für morgen	94

FAZIT UND EMPFEHLUNG	95
Produktrecherche	95
Schutzrechtsrecherche	97
Fazit	99
FÜR RÜCKFRAGEN	101
ANHANG I: SCHUTZRECHTE	101

Generelle Anmerkung der Autoren zur Recherche

Wir möchten, dass unsere Arbeit für Sie als Kunde transparent ist.

Erstens wünschen wir uns, dass Sie das aus der vorliegenden Recherche gewonnene Wissen für zukünftige Ideen selbst anwenden können. Zweitens wünschen wir uns, dass Sie unsere Argumente und ermittelte Fakten nachvollziehen können, um im positiven Fall eine Umsetzung mit uns zu wagen. Wenn wir zu einer Idee „nicht mehr weiterverfolgen“ sagen, dann geschieht dies immer begründet und bewahrt Sie vor unnötigen Fehlinvestitionen.

Methode der Recherche

Die Methode der Überprüfung besteht in einer Begutachtung und Analyse der auf dem Markt verfügbaren Produkte, um zu prüfen, ob und wie die Erfindung Chancen auf eine Markteinführung haben kann. Als Mittel dazu werden zahlreiche Datenbanken und verschiedene Suchmaschinen genutzt. Die Suche erfolgt in deutscher und englischer Sprache mit einer großen Anzahl relevanter Suchbegriffe. In seltenen Fällen kann die Suche in weiteren Sprachen sinnvoll sein. Zeitgleich werden jeweils die gefundenen Substitutionsprodukte¹ mit dem erfindungsgemäßen Produkt verglichen und gegebenenfalls Vorteile, sowie Realisierungsrisiken herausgearbeitet.

Erklärung

Die Recherche bzw. Marktanalyse hat das Ziel Ihnen und uns einen umfassenden Überblick über den Markt zu verschaffen und die Chancen der Erfindung auszuloten.

Dabei kann keine Garantie gegeben werden, dass ein Produkt oder Schutzrecht, welches von uns nicht gefunden wurde, nicht doch irgendwo weltweit existiert.

Es ist jedoch sehr stark anzunehmen, dass eine Erfindung, welche in unserer ausführlichen Recherche nicht gefunden wurde, keine starke Marktpräsenz hat und somit keine Gefahr für einen Markteintritt darstellt. Eine Gefahr für eine Schutzrechtsanmeldung kann aber sehr wohl bestehen, wenn ein Patentprüfer etwas findet, was uns verborgen blieb.

Eine 100%ige Sicherheit, ob ein Schutzrecht erteilt wird, hat man leider nur hinterher.

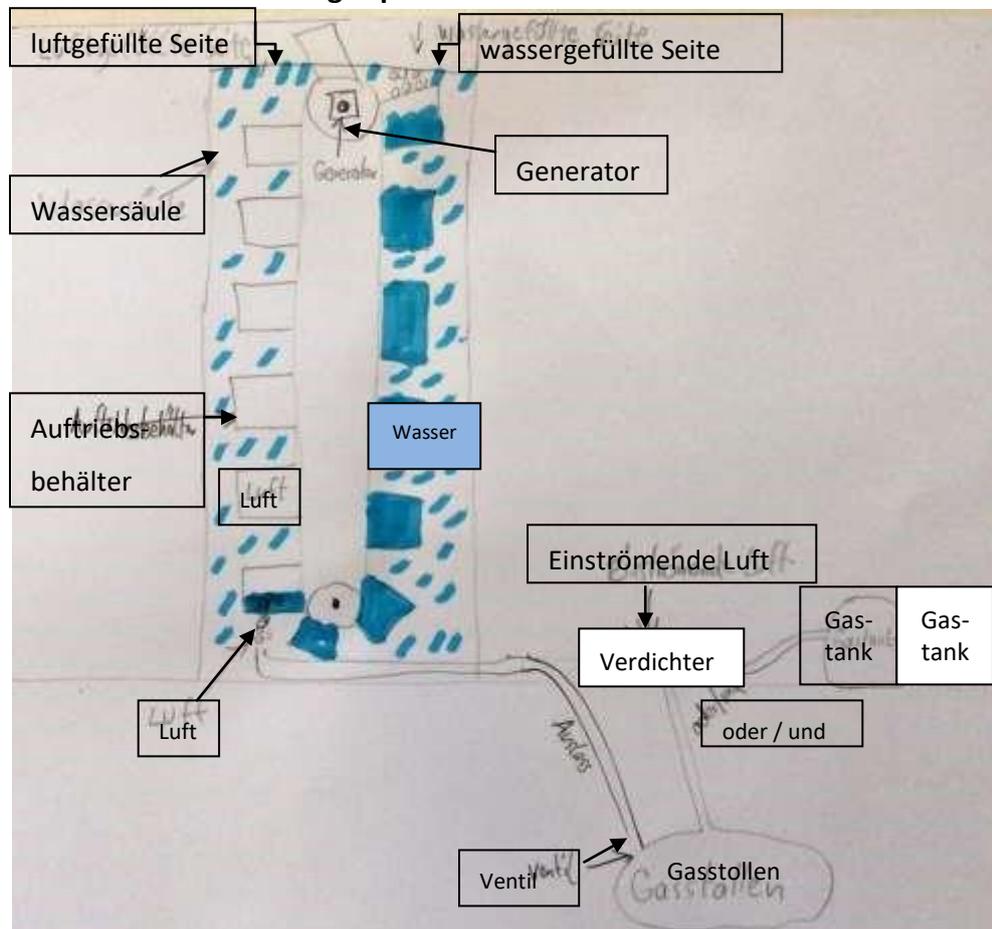
¹ Produkte, die sich in Preis, Qualität und Leistung so weit entsprechen, dass sie dazu geeignet sind, denselben Bedarf beim Nachfrager zu decken und somit die Kaufentscheidung zu beeinflussen.

Für Links auf externe Seiten und Inhalte übernehmen wir keine Gewähr, genauso wie für die Vollständigkeit der Daten. Alle verwendeten Namen, Bezeichnungen und Logos können Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein.

Irrtümer und Rechtschreibfehler vorbehalten.

Die Erfindung

Druckluft-Auftriebsenergiespeicher



Zusammenfassende Beschreibung

Bei dieser Erfindung handelt es sich um ein Auftriebskraftwerk, das mit einem Druckluftspeicher gekoppelt ist, der entsprechend Druckluft für einen Betrieb zuführt.

Letztlich wird ähnlich wie bei Pumpspeicherkraftwerken billig zur Verfügung stehende Energie genutzt um in diesem Fall einen Druckluftspeicher zu füllen. Im Gegensatz zu Pumpspeicherkraftwerken lässt sich eine erfindungsgemäße Energieerzeugungsanlage jedoch in viel

kleineren Maßen realisieren was Baukosten erheblich reduziert und den Bau prinzipiell unabhängig von landschaftlichen Gegebenheiten ermöglicht.

Detailliertere Beschreibung durch den Erfinder

Das Schwungelement besteht aus einem in einer Wassersäule stehenden Schwungelement. Das Wasser kann durch Maßnahmen wie Salz für höherem Auftrieb und Frostschutz, sowie Stabilisatoren zur Erhaltung von Wasserqualität recht langanhaltend gemacht werden.

Das Schwungelement besteht aus Auftriebskörpern, die in Reihe angebracht werden und sich um zwei Umlenkrollen wie eine Fahrradkette vertikal in der Säule drehen. Im unteren Bereich werden die Auftriebskörper mit Druckluft aus dem Speicher gefüllt um beim nächsten Umlenken um 180 Grad im oberen Bereich wieder geflutet zu werden. Das wird durch Löcher in den Auftriebskörpern erreicht die je nach Seite oben oder unten in Laufrichtung sind. So entsteht einseitiger Auftrieb und damit die Drehbewegung des Schwungelements, was einen Generator zur Stromerzeugung antreibt.

Da die Rotationsgeschwindigkeit ziemlich konstant bleibt, können die Verluste durch einen Wechselrichter mit einem Getriebe reduziert werden. Ebenso ist bei der Berechnung die Höhe zu beachten, dass diese bis auf die Reibungsverluste, die steigende Anzahl der Auftriebskörper und der Erhöhung des Wasserdrucks als variabel in der Proportionalität angesehen werden muss.

Größeres Schwungelement unten um die Ausdehnung der Luft bei abnehmendem Wasserdruck zu kompensieren. Schwungelement erzeugt ein Plus an Energie zu Hochverbrauchszeiten, wo bessere Preise für Strom erzielt werden.

Die Hydrodynamik der Auftriebskörper ist der Knackpunkt zur Wirtschaftlichkeit.

Die hohe Dichte von Wasser ist ein Problem, welches etwa durch mehrere Schwungelemente ausgeglichen werden kann, indem aufgrund der Ausdehnung der Luft bei geringer werdendem Druck Rechnung getragen wird und die Luftaufnehmer wie eine auf dem Kopf stehende Pyramide immer größer gebaut werden.

Dabei kann über die Höhe und der auf dem Kopf stehenden Pyramiden Konstruktion ein sehr hoher Wirkungsgrad erzielt werden. Die gespeicherte Druckluft in Kavernen oder Tanks wird also auf das Schwungelement geleitet, welches damit einen Generator antreibt. Somit ist eine Speicherung der Energie möglich.

Der eigentliche Clou ist es eine effiziente Luft in Wasser Turbine zu konstruieren.

Druckluftspeicher

Benötigt Energie, die bei Hoherzeugungszeiten aus regenerativer Energie z.B. bei starkem Sonnenschein, Wind aus Photovoltaikanlagen, Windkraftwerken günstig zur Verfügung steht.

Das Bild dient dazu den Energiespeicher anschaulicher zu machen. Das Schwungelement wird durch eine Firma als Perpetuum mobile vertrieben. Die Firma heißt Gaia/Rosch. Zu sehen ist der Prototyp auf diversen Seiten und Videos im Internet (einfach nach "Gaia Rosch" suchen).

Analyse des Problems

Zu Beginn jeder Erfindung steht zwangsläufig ein zu lösendes Problem bzw. die Tatsache, dass die Idee bestimmte Dinge, Abläufe oder Vorgänge erleichtert oder verbessert. Erfindungen, die ein Problem lösen, welches nur scheinbar oder lediglich für den Erfinder oder eine verschwindend kleine Zielgruppe besteht, werden auf dem Markt langfristig keinen Erfolg haben.

Sofern Produkte einen starken Fokus auf das Design legen, ist diese Vorgabe etwas vorsichtiger auszulegen.

Die Frage nach der Verwertungschance hängt vom Vorhandensein eventueller Konkurrenzprodukte, deren Qualität und Preis, sowie der Schutzrechtsituation ab.

Problem

Energiegewinnung ist und bleibt ein hochaktuelles Thema. Nach wie vor ist man im privaten wie auch gewerblichen Sektor auf der Suche nach besseren oder effektiveren Lösungen, wie Energie zu gewinnen ist und dabei im Idealfall ebenfalls ökologisch unbedenklich ist. Gerade von geographischen Gegebenheiten unabhängige Konzepte stoßen dabei auf Interesse, da Stromverluste bei langen Übertragungsleitungen immer gegeben sind und idealerweise Strom bei Bedarf produziert werden sollte ohne dabei unwirtschaftlich zu sein.

Lösung des Problems

Das erfindungsgemäße Energiegewinnungssystem bietet eine Alternative zu gängigen, oft aufwendigen Energiegewinnungslösungen. Der Kreislauf selbst stellt sich wartungsarm dar und trägt dazu bei den Energiebedarf zu decken und funktioniert dabei denkbar einfach.

Gerade das Produzieren von ökologisch vertretbarem Strom ohne hohe Baukosten wie enormen Windkraftanlagen oder Wasserkraftwerken bekannt, stellt einen weiteren Pluspunkt dar, für Strom mit gutem Gewissen.

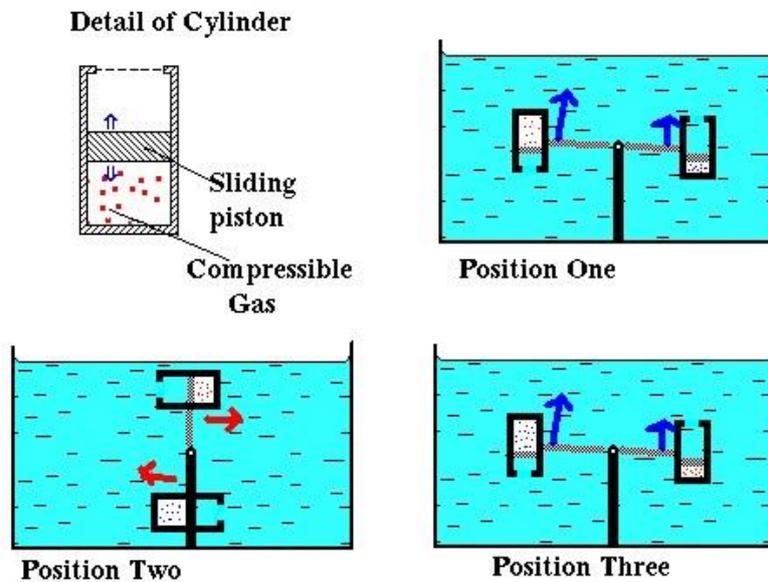
Allgemeine Informationen

In diesem Kapitel finden Sie Informationen, welche in Zusammenhang mit Ihrer Erfindung stehen. Auch wenn Ihnen einige der folgenden Informationen bereits vertraut sind, dienen diese dazu, sich mit der erfindungsgemäßen Thematik zu beschäftigen, um daraus im besten Fall nützliche Erkenntnisse für die Bearbeitung des Themas zu gewinnen.

Auch wenn uns bewusst ist, dass es sich bei Ihrer Erfindung um kein Perpetuum Mobile handelt, möchten wir in diesem Kapitel nur kurz zwei Artikel auszugsweise zu oft vergessenen/vernachlässigten Problemen in Bezug auf Auftriebskraftwerken auflisten.

Perpetual motion machine #4

<http://www.richardclegg.org/previous/new/musings/cyl.html>



How it works

Two cylinders which contain compressible gases (illustrated as red in one cylinder and blue in the other - because I have that kind of technology so I may as well use it) are mounted on a beam which is allowed to pivot about a horizontal axis. The apparatus is then mounted under water. The pistons in the cylinders are taken to have significant mass.

The clever bit here is that the cylinders are mounted opposite sides up. This means that at any given time (except when the beam is vertical) one piston falls down onto the gas crushing it while the other falls down away from the gas expanding it.

In position one the red gas (in the cylinder on the left) is expanded and the blue gas (in the cylinder on the right) is compressed. The expanded gas has a larger upward force than the compressed gas since it displaces more water. This means there is a net clockwise force and the system will turn clockwise. In position two, the beam has reached the vertical position. The pistons should be under approximately the same pressure and be restored to their equilibrium positions. Momentum will carry the system round until it reaches position three. If you don't like the momentum explanation you could always introduce a second set of cylinders similarly mounted on a beam at right angles to the first. In position three we have reached the exact opposite position to position one. The cylinders have rotated far enough to swap places and the effect is the same as it was in position one. Clockwise rotation continues.

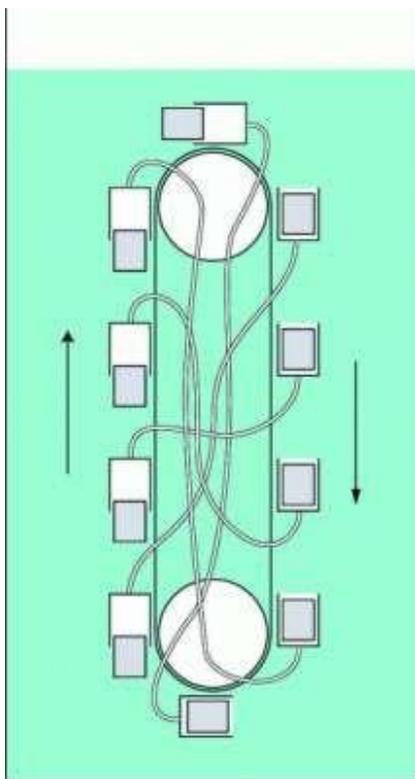
Thus it has been demonstrated that the system will run forever and could even produce power.

How it doesn't work!

The problem here is an often neglected fact about floatation - water pressure is greater at lower depths. In position two the lower cylinder will have greater pressure on it. The air in the lower cylinder will be more compressed, therefore it will generate less upthrust (since it will displace less water). The system will, therefore, stick in this position.

Buoyant Wheels and Belts

<https://www.lhup.edu/~dsimanek/museum/themes/buoyant.htm>

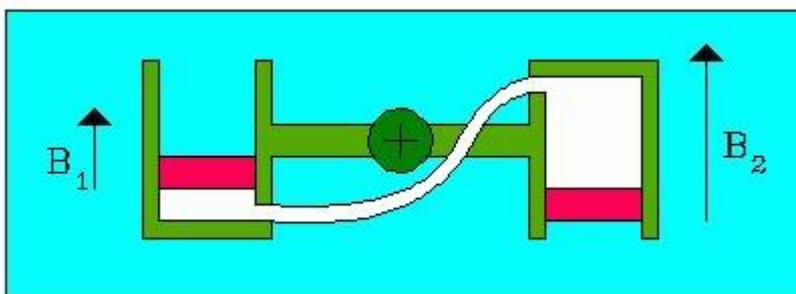


The wheel has bellows with lead weights attached. The air in all bellows is shared through tubes in the eight arms to a chamber in the hub.

The inventor remembers Archimedes' principle from high school physics. It says that when a body is immersed in liquid the liquid exerts an upward buoyant force on that body of size equal to the liquid the body displaces." The "displaced" liquid is simply a volume of liquid equal to the volume of the body.

So in these devices, the weights act to reduce the air volume in the pistons or bellows on one side of the axle, increasing the volume in those on the other side of the axle. Therefore the pistons or bellows on the side with increased volume experiences larger buoyant forces than those on the other side of the wheel. ...

Consider this simpler arrangement of just two pistons. The buoyant forces are labeled B_1 and B_2 with $B_2 > B_1$. The gravitational forces on both sides are equal, so this buoyant force unbalance should cause the right side to rise. ...

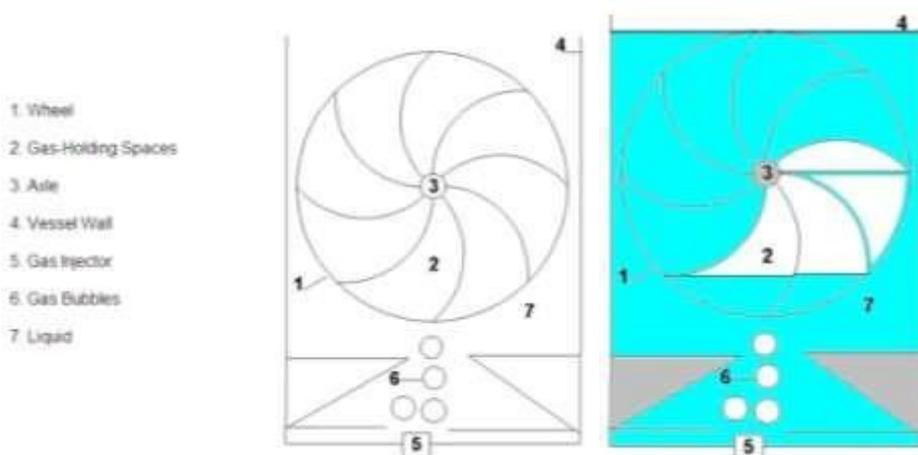


The minimum volume within a piston chamber is V_1 . The maximum volume within a piston chamber is V_2 . The difference between these is the difference in the amount of liquid displaced left/right is $V = V_2$

- V_1 . The net buoyant force due to water acting on a pair of pistons, one moving up and one moving down is $B = r gV$. The work done is $Bh = r gVh$. As these two connected piston chambers move across to the other side, the lead weights force a change in the amount of air in each piston chamber. This occurs as the top piston begins to move downward and during its path in a curved arc around the pulley. This motion is matched in the upward motion of the bottom piston around the curved arc of the pulley. During this time, air is forced upward through the tube from the bottom piston to the top one. The piston chamber at the top gains a volume of air V . The one at the bottom loses a volume of air V . In doing this both pistons move the same distance in their chambers, the upper one, however, is at a lower water pressure than the bottom one. The pressure difference top/bottom is $P = r gh$, where h is the height difference between top and bottom. So the net work done on the moving pistons by the water in this process is negative: $PV = - r gVh$.

...

Still more examples of buoyant optimism.



Consider this example. I have not given the website or the author's name.

The idea is to inject air into the bottom of the water tank, which rises into the wheel's chambers, and causes the wheel to rotate until the air is released near the top. Of course energy is to be extracted from the turning of the wheel.

...

One obvious problem is those air chambers. The inventor seems to realize that the air should be temporarily trapped within some of them. But now let's redraw the picture to show the water and see how this works.

... But how much energy can we expect to get from the turning wheel?

That's an easy one. *At most, assuming an idealized case of zero friction and viscosity, we'd get out no more than the energy required to inject the air into the bottom of the tank, against the pressure of the water.* With a real wheel in viscous water, performance would be much worse. If you want to drive a motor by compressed air, you can. There are devices (small turbines) that do this rather well. But to do it by immersing a system in water is just silly.

Druckluftspeicherkraftwerke

<https://www.energie-lexikon.info/druckluftspeicherkraftwerk.html>

Ein Druckluftspeicherkraftwerk ist ein Speicherkraftwerk, welches als Energiespeicher einen mit Druckluft gefüllten Hohlraum verwendet. Beim Einspeichern (Aufladen) wird mit Hilfe elektrischer Energie ein Kompressor (Verdichter) betrieben, mit dem Luft aus der Atmosphäre in den Speicher gepumpt wird. Beim Ausspeichern (Entladen) wird diese Druckluft verwendet, um z. B. mit einer Turbine und einem davon angetriebenen Generator wieder elektrische Energie zu erzeugen. Es handelt sich effektiv also um eine Art von Speicher für elektrische Energie, auch wenn die Energie nicht in Form elektrischer Energie gespeichert wird.

Eine kleinere Speicheranlage lässt sich auch mit einem Gasexpansionsmotor anstelle einer Druckluftturbine ausführen.

– Physikalische Aspekte

Die Kompression und Expansion kann unter verschiedenen Bedingungen stattfinden, die entscheidenden Einfluss auf die erzielbare Energieeffizienz haben:

– Adiabatisches System

Theoretisch wäre eine hohe Effizienz mit einem adiabatischen System möglich, bei dem die bei der Kompression auftretende Erwärmung der Luft im Speicher voll erhalten bleibt, und zwar bis zur Expansion. Es würde der Luft also idealerweise keinerlei Wärme entzogen. Hierfür müsste natürlich der Druckluftspeicher über eine entsprechende Wärmedämmung verfügen.

Bei einer adiabatischen Kompression von NormalDruck (ca. 1 bar) auf z. B. 50 bar würde die Luft extrem heiß – mit Temperaturen von rund 600 °C. Es ist leider kaum praktikabel, einen großen Druckluftspeicher so zu dämmen, dass er eine solche Temperatur über längere Zeit behalten könnte. Eine gewisse Annäherung an diese Betriebsart ist möglich mit einem separaten Wärmespeicher (siehe unten).

– Isothermes System

Auch bei isothermem Betrieb, d. h. mit konstanter Temperatur der Luft, wäre im Prinzip eine hohe Effizienz möglich. Dies würde erfordern, dass bereits während der Kompression die entstehende Wärme vollständig abgeführt wird, so dass sich die Luft nicht (oder nur wenig) erwärmt. (Alternativ könnte eine Kompression in mehreren Stufen mit dazwischen liegender Kühlung durchgeführt werden.) Bei der Expansion müsste entsprechend die Abkühlung durch Aufnahme von Wärme aus der Umgebung verhindert werden.

Gerade wenn große Leistungen umgesetzt werden sollen, ist dieser isotherme Betrieb besonders bei der Expansion ebenfalls kaum realisierbar. In der Praxis wäre kaum zu vermeiden, dass die Temperatur während der Kompression erheblich höher läge als bei der Expansion. Dies würde die Effizienz entsprechend reduzieren, da mehr Energie für die Kompression nötig wäre und weniger Energie bei der Expansion gewonnen würde.

– Isobares System

Eine weitere Möglichkeit wäre ein annähernd isobarer Betrieb, d. h. das Vermeiden einer nennenswerten Druckerhöhung. Bei einem reinen Druckluftspeicher würde dies aber bedeuten, dass für ein gegebenes Speichervolumen nur eine sehr kleine gespeicherte Energiemenge realisierbar wäre. Anders wäre es, wenn die Druckluft unter einer Wassersäule gelagert wäre, so dass beim Laden des Speichers Wasser nach oben gedrängt wird. Dann wäre der Druck im Wesentlichen der konstante hydrostatische Druck. Ein solcher isobarer Speicher wäre denkbar als eine submarine Einrichtung z. B. mit einer großen Druckluftblase am Meeresboden. Auch an Land wäre dies möglich, z. B. wenn eine Gaskaverne eine Verbindung mit dem Wasser eines Sees hat.

– System mit zusätzlicher Wärmezufuhr

Da die oben beschriebenen Ansätze alle nicht leicht realisierbar sind, wurde bisher nur der folgende Ansatz verwirklicht:

- Die Kompression erfolgt annähernd isotherm: mit mehreren Kompressorstufen und dazwischen liegenden Kühlern. Die dabei abgeführte Wärme wird nicht genutzt.
- Bei der Expansion wird der Luft Erdgas zugesetzt und verbrannt, um die sonst starke Abkühlung zu verhindern, die sonst zu einer Vereisung der Expansionsturbine führen würde. Dieses Verfahren ist energetisch gesehen natürlich deutlich weniger effizient: Es wird beim Entladen zusätzliche Energie aus Erdgas, also einem fossilem Energieträger benötigt.

– Druckluft-Gas-Kombikraftwerke

Bisher (Stand 2012) wurden erst zwei Druckluftspeicherkraftwerke realisiert, und zwar als DruckluftGas-Kombikraftwerke. Diese basieren auf dem zuletzt beschriebenen Prinzip: annähernd isotherme Kompression und Expansion unter zusätzlicher Beheizung.

Als Druckluftspeicher können große unterirdische Kavernen benutzt werden. Diese können durch Aussolen (Ausspülen) von Salzstöcken geschaffen werden, oder es können bereits vorhandene Hohlräume in Form von Felskavernen und aufgelassenen Bergwerken genutzt werden.

Die bei einem Kombikraftwerk verwendete Expansionsturbine kann mit einer gewöhnlichen Gasturbine verglichen werden. Bei der letzteren würde die Verbrennungsluft zunächst komprimiert,

dann mit Erdgas versehen, welches verbrannt wird, und das heiße Gas würde schließlich unter Energieabgabe in einer Turbine expandiert. Rund zwei Drittel der dabei erhaltenen Energie müssten für den Betrieb des Kompressors aufgewendet werden. Genau dieser Energieanteil (die Verdichterarbeit) wird eingespart, wenn Druckluft eingesetzt wird. Der Gasverbrauch bei der Entladung ist also rund dreimal geringer als bei einem reinen Gasturbinenkraftwerk. (Der Unterschied zu einem Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk ist erheblich geringer.)

– Beispiel: Kraftwerk Huntorf

Als Beispiel betrachte man das deutsche Kraftwerk Huntorf (bei Bremen), welches in 1978 als erstes Druckluftspeicherkraftwerk weltweit in Betrieb genommen wurde. Eine maximale Leistung von 321 MW (ursprünglich 290 MW) kann gut zwei Stunden lang abgegeben werden. Für die Erzeugung von einer Kilowattstunde elektrischer Energie müssen 0,83 kWh elektrischer Energie für die vorherige Kompression und 1,56 kWh Erdgas (bzgl. Heizwert) eingesetzt werden. Die Angabe eines Wirkungsgrads ist hier schwierig:

- Einfach die insgesamt eingesetzte Energie zu berücksichtigen, würde zu einem Wert von $1 / (0,83 + 1,56) = 42 \%$ führen. Dies ist aber wenig sinnvoll, da hier zwei Energien von sehr unterschiedlicher Wertigkeit addiert werden, so dass diese Wertigkeiten nicht berücksichtigt sind.
- Wenn die eingespeicherte Energie nur sonst nicht nutzbare überschüssige Energie wäre, könnte man diese als wertlos betrachten, in der Rechnung also ignorieren, und käme auf $1 / 1,56 = 64 \%$.
- Wenn die eingespeicherte elektrische Energie aus einem Gaskraftwerk mit 50 % stammen würde, könnte man den Wirkungsgrad auf die insgesamt eingesetzte Primärenergie beziehen und käme auf $1 / (0,83 / 0,50 + 1,56) = 31 \%$. Freilich ist es kaum realistisch, dass man ein Gaskraftwerk betreiben würde, um einen solchen Speicher zu laden.
- Man könnte die eingesetzte Gasmenge auch dadurch berücksichtigen, dass man damit sonst in einem Gaskraftwerk hätte Strom erzeugen können. Die Gasmenge, multipliziert mit dem Wirkungsgrad des Gaskraftwerks (z. B. 50 %), wird also vom Energieertrag abgezogen. So kommt man auf $(1 \text{ kWh} - 0,5 \cdot 1,56 \text{ kWh}) / 0,83 \text{ kWh} = 26,5 \%$.

Man sieht also, dass je nach Betrachtungsweise völlig unterschiedliche Wirkungsgrade resultieren. Welche Betrachtungsweise sinnvoller ist, kann von den jeweiligen Umständen abhängen – etwa ob die gespeicherte Energie aus sonst nicht nutzbaren Überschüssen stammt oder aus Grundlaststrom, welchen Wirkungsgrad ein Gaskraftwerk hätte, usw.

– Adiabatische Druckluftspeicherkraftwerke

Wesentlich effizienter könnten annähernd adiabatische Druckluftspeicherkraftwerke sein, die einen Wärmespeicher verwenden – beispielsweise bestehend aus Stein, Beton, heißem Öl oder geschmolzenem Salz. Dieser Speicher nimmt die bei der Kompression der Luft entstehende Wärme auf und dient später für das Verhindern einer übermäßigen Abkühlung bei der Expansion (beim Entladen des Speichers). Es wird also kein Erdgas mehr benötigt. Praktisch realisierbare Wirkungsgrade dürften bei ca. 70 bis 75 % liegen.

Einen Schritt in diese Richtung bewegte man sich mit dem zweiten Druckluftspeicherkraftwerk, dem Kraftwerk McIntosh in Alabama (USA). Hier wird ein Rekuperator verwendet, der wenigstens einen Teil der Lufterwärmung bei der Expansion leisten kann. Es wird immer noch Erdgas benötigt, aber in reduziertem Umfang: Für die Erzeugung von 1 kWh elektrischer Energie werden 0,69 kWh elektrischer Energie für die vorherige Kompression und 1,17 kWh Erdgas benötigt.

Kraftwerke, die gar kein Erdgas mehr benötigen, befinden sich derzeit in Planung. Ab 2013 soll das Druckluftspeicherkraftwerk Staßfurt in Sachsen-Anhalt als Pilot- und Testanlage gebaut werden. Die maximale Entnahmeleistung soll 90 MW sein. Später sollen Kraftwerke solcher Art mit hunderten von MW gebaut werden. In Ohio (USA) gibt es bereits konkrete Pläne für ein sogar noch größeres Kraftwerk.

Video zu einem ISACOST-CC Konzept (Isobaric <https://vimeo.com/16389976>)

– Submarine isobare Druckluftspeicherkraftwerke

Konzepte für submarine isobare Druckluftspeicherkraftwerke befinden sich noch in einer frühen Entwicklungsphase. Eine interessante Idee ist, einen großen Luftbehälter mit flexibler Hülle ("energy bag") am Meeresgrund in z. B. 500 oder 1000 m Tiefe zu befestigen. Der Behälter würde keiner wesentlichen Druckbelastung ausgesetzt, da der Innendruck vom etwa gleichen Wasserdruck außen kompensiert würde. Eine andere Möglichkeit wären große starre Behälter, etwa ausgediente Öltanker, die unten geöffnet würden, damit dort das verdrängte Wasser austreten kann.

– Vergleich mit Pumpspeicherkraftwerken

Im Vergleich mit Pumpspeicherkraftwerken bieten Druckluftspeicherkraftwerke physikalisch bedingt meist eine deutlich geringere Energieeffizienz – wobei der Unterschied bei noch zu entwickelnden neuen Anlagen deutlich kleiner als bisher ausfallen dürfte. Der entscheidende Nachteil von Pumpspeichern ist dagegen, dass ihre Realisierung im flachen Land schwierig ist, während dort Kavernen für Druckluftspeicher oft eher realisierbar sind. Deswegen ist es möglich, dass beispielsweise in Norddeutschland in einigen Jahren vorwiegend neue Druckluftspeicherkraftwerke

eingesetzt werden, um die starken Schwankungen der dortigen Erzeugung insbesondere von Windenergie besser ausgleichen zu können.

– Vergleich mit Gasspeichern

Nicht nur Luft, sondern auch brennbare Gase können unterirdisch in großen Mengen unter Druck gespeichert werden – beispielsweise Erdgas und Wasserstoff. Auch sie können als Energiespeicher dienen, wobei die nutzbare Energie dann allerdings als chemische Energie gespeichert ist, der Druck beim Entladen jedoch häufig nicht genutzt wird.

Im Vergleich zu Druckluftspeichern weisen solche Speicher eine wesentlich höhere Energiedichte auf. Von daher könnten durch Kombination mit der Technologie Power to Gas (Erzeugung von EE-Gas mit überschüssiger elektrischer Energie und spätere Verstromung) wesentlich höhere Speicherkapazitäten erzielt werden. Allerdings sind dabei auch die Energieverluste viel höher.

Die unterschiedlichen Stromspeicher – Typen

<http://www.strom-speicher.org/>

Größte Aufmerksamkeit obliegt den **mechanischen Energiespeichern**. Hierzu zählen sowohl Schwungräder, die kinetische Energien (Bewegungsenergien) speichern, als auch **Druckluft-** und Pumpspeicherkraftwerke sowie Federn, welche sich potentielle Energien (Lageenergien) zu Nutze machen.

Chemische Energie ist in organischer Form vorhanden (z. Bsp. Kohlenhydrate, Fette, chemische Wasserstoffspeicher) und in anorganischer Form (Batterien, wiederaufladbare Akkus, Wasserstoff, RedoxFlow-Zelle etc.). Hier wird thermische oder – gebräuchlicher Weise – elektrische Energie, die sich grundsätzlich schlecht speichern lässt, mittels chemischer Reaktionen indirekt gespeichert. Die Verwendungsmöglichkeiten von Batterien und Akkumulatoren sind beinahe unbegrenzt.

Unter den **elektrischen Energiespeichern** werden die supraleitenden magnetischen Spulen und die Kondensatoren zusammengefasst.

Unter den Begriff der Speicherung **thermischer Energie** werden Wärme- bzw. Fernwärmespeicher verstanden. Sie untergliedern sich in Hoch- und Niedertemperaturspeicher sowie Kurz- und Langzeitspeicher. Als Speichermedium kommen kostengünstiges Wasser und das feuerfeste Gestein Schamott zur Verwendung. Die Wirtschaftlichkeit einer Speicherung von Nachtstrom ist aufgrund gestiegener Kosten jedoch mittlerweile fraglich. Mehr Interesse gilt heute beispielsweise

Solarkollektoren, die sich der Strahlenenergie der Sonne bedienen. Die Speicherung der Wärmekapazitäten hat den Nutzen, zeitliche Leistungsschwankungen auszugleichen und somit eine kontinuierliche Versorgung zu gewährleisten.

Wirkungsgrade als eine Stromspeicher-Vergleichsvariabel

[http://www.stromspeicher.eu/stromspeicher-technologie/stromspeicher-wirkungsgrade/ ...](http://www.stromspeicher.eu/stromspeicher-technologie/stromspeicher-wirkungsgrade/)

Kurzzeitspeicher:

1. Spulen SMES und Kondensatoren/Super Caps haben einen Wirkungsgrad von 90-95%
2. Schwungradmassenspeicher haben einen Wirkungsgrad von 80-95%.

Langzeitspeicher:

1. Pumpspeicher haben einen Wirkungsgrad von 65-85%
2. Druckluftspeicher haben einen Wirkungsgrad von 45-55%

Elektrochemische Speicher:

1. Lithium-Ionen-Akkus haben einen Wirkungsgrad von 90-95%
2. Blei-Säure-Akkus haben einen Wirkungsgrad von 65-90%
3. Redox-Flow-Batterien haben einen Wirkungsgrad von 70-80%

Am effektivsten – zumindest im Bereich Wirkungsgrad – arbeiten demnach die Kurzzeitspeicher wie auch die elektrochemischen Speicher. Doch sollten ebenso andere Parameter beim Vergleich berücksichtigt werden, wie beispielsweise Fakten darüber, welche maximale Endleistung erbracht werden kann, wie hoch die realnutzbare Speicherkapazität ist und wie teuer letztlich eine gespeicherte Kilowattstunde "Strom" ist. Auch variieren natürlich die Lebenszeiten und Kosten verschiedener Stromspeichersysteme.

<http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/bild-707709-113132.html>



“Where to” with green power?

http://www.vaillant.com/architects-planners/magazine/where-to-with-greenpower/index.en_ex.html

... In the future, the generated excess energy should be used to help supply other buildings in the district. Research in the field of storage systems is being conducted with a high sense of commitment; meanwhile, numerous solutions exist for hot water, latent hot water and thermochemical energy storage.

...

Storing energy in the form of electricity, however, is not easy. Very few solutions have withstood the test of time and many approaches are still in the development stage. The following discussion presents five promising methods:

Natural gas network as a storage system

*Energy researchers are putting their hopes for the future in the **power-to-gas process**. Excess electricity from wind power and photovoltaic systems is used to **split water into its elements of hydrogen and oxygen** by means of electrolysis. In a biological process in which CO₂ is added, the hydrogen is then converted to methane. The latter can be used as a fuel or can be stored in the gas network for later use, as needed. However, the efficiency of this system is generally still below 40 percent. Nevertheless, the potential for power-to-gas is huge: renewable natural gas can be used for long-term storage of the energy and is readily accessible. With the existing natural gas infrastructure, a storage reservoir of more than 200 terawatt hours can make energy available for months.*

Underground compressed-air energy storage

*In **compressed-air energy storage plants**, excess electricity is compressed by means of an electric compressor and forced into underground cells known as caverns. When the energy requirement in the supply grid increases, **the air can be released for driving a turbine, as in a pumped-storage power plant**. A test and demonstration system for an efficient compressed-air energy storage plant is currently under construction in Staßfurt in Saxony-Anhalt. The previous research activities of the Institute for Technical Thermodynamics of the German Aerospace Centre (DLR) paved the way for the project Adele (adiabatic compressed-air energy storage for electricity supply); now it remains to demonstrate the feasibility and, above all, the economic viability.*

Underwater compressed-air energy storage

The solution to the storage problem could also be under water. The University of Nottingham developed giant balloons made of a synthetic fabric that are fastened to the ocean floor by means of

steel constructions. This system automatically minimises the pressure changes during release of the compressed air as a result of the high water pressure exerted from the outside. The storage potential is considerable, although the scientists concede after the four-year research phase that this method is commercially viable only in extremely deep waters. The popularity of the method of underwater energy storage is nevertheless demonstrated by a project in Canada. In cooperation with E.ON, a Canadian company developed “energy bags” for underwater compressed-air storage on the basis of the research results from Nottingham.

Pumped-storage power plant

One of the most efficient systems for energy storage currently in existence is the pumped-storage power plant. At present it is considered the standard industrial solution for making energy from solar and wind power plants available for use at a later time. The power plant uses the excess electricity that is generated to pump water into a higher reservoir. As soon as the demand for energy increases, the operator allows the water in the reservoir to flow through downpipes to turbines, which again generate electricity. The efficiency of this method is between 60 and 80 percent, depending on the type of system. In Germany, 30 such pumped-storage power plants are currently in operation, with a total output of 6.5 gigawatts. Europe’s largest pumped-storage power plant is scheduled to go online in Atdorf in 2018.

Electric cars as energy storage units

In the coming decades, electric cars could play a central role in mobile energy storage. Unneeded electricity would then be stored in the batteries of the e-cars. On the other hand, the owners could also feed electricity from the car batteries into the power grid in the event of shortages or peak demands. Implementation of this concept would require widespread use of battery-operated vehicles. In addition, the battery technology would also have to be further developed. After initial prototypes of plus-energy houses with connected electro mobility in new and renovated buildings on the scale of single-family homes and the scientific evaluation within the scope of monitoring phases, the concept is now also gaining acceptance in larger buildings.

Marktübersicht

Bei der Marktrecherche wird intensiv nach gleichen, ähnlichen oder anderen Formen der Erfindung gesucht, um auszuschließen, dass schon ein gleiches oder besseres Produkt existiert. Da auf einem weltweiten Markt von Entwicklung und Produktion bis hin zur Vermarktung alles global passiert, muss natürlich auch die internationale Konkurrenz beachtet und analysiert werden. Ein Teil der Recherche deckt zudem den Beschaffungsmarkt ab, um Materialien und andere Verwendungen zu studieren und potentielle Hersteller mit Knowhow zu identifizieren.

Um die Übersicht zu wahren, sind der Quelle entnommene Daten *kursiv* geschrieben.

Beschreibung der Konkurrenzprodukte und deren Eigenschaften

Im Folgenden haben wir uns mit unterschiedlichen Konkurrenzprodukten beschäftigt, die für die erfindungsgemäße Idee von Relevanz sein können. Die Ergebnisse sollen nun kurz zusammengefasst werden, um anschließend einen Einblick in die aktuelle Marktsituation zu geben.

Zum besseren Überblick wurden die gefundenen Artikel in unterschiedliche Gruppen gegliedert.

Die gefundenen Produkte dienen hauptsächlich der gleichen Problemlösung wie die Erfindung: Hauptaufgabe und Grundidee ist es Auftriebsenergie zur Erzeugung von Strom heranzuziehen. Dazu werden im Idealfall in einer bahnförmig in Höherenerstreckung angeordneten Anordnung Elemente unterschiedlicher Befüllung sozusagen durch das eigene Gewicht angetrieben, wobei sich der Inhalt bzw. das Gewicht der Elemente am Totpunkt durch Veränderung des Füllinhalts ändert.

Die **erste Gruppe** versammelt diverse Energiegewinnungssysteme, welche durch Auftrieb oder Fallenergie Energie erzeugen. Insgesamt besitzen die Vorrichtungen nur eine relative Ähnlichkeit zur Erfindung, bilden jedoch ebenso alternative Stromerzeugungsprodukte, welche sich ähnlicher Naturgesetze zunutze machen. Dabei wird zum Teil bereits auf die Zuführung von Druckluft zurückgegriffen, wenn auch meist Details der Ausführung im Dunkeln bleiben und Wirkungsgrade nicht vorliegen.

Der Auftrieb spielt beim Ihnen bekannten „**Rosch Auftriebskraftwerk**“ die Hauptrolle. In einem mit Wasser gefüllten Schacht sind auf Umlenkrollen Auftriebskörper angebracht, welche am tiefsten Punkt mit Luft gefüllt werden und damit Auftrieb generieren. Inwiefern das System in der Praxis existiert, sei dahingestellt. Zwar wird behauptet, dass keine fossile Energie zugeführt wird, doch wie die Druckluft erzeugt wird, mit welcher Energie die Abgabe ebendieser erfolgt etc. Es bleiben einige Fragen offen.

Bei **Hidro⁺** treiben Körper beim Absinken in der Wassersäule einen Generator an, wobei sie bei Erreichen des Bodens **per Druckluftfüllung** wieder nach oben steigen.

„**Graviator**“: Leider sind auf der Homepage selbst keine Informationen zum System gegeben, sodass auf Angaben in der entsprechenden Schutzschrift zurückgegriffen worden ist. Bei diesem System steigen gewisse Massekörper durch Auftrieb in einer Wassersäule auf. Eine Wechselmechanik am oberen Ende befördert die Körper schließlich in das Fallrohr, in welchem durch einen Lineargenerator Strom erzeugt wird.

Aussichtreicher als vorgenannte Systeme erscheint der **Hopper Generator**. Dieser macht sich die unterschiedliche Dichte von Wasser – mit/ohne Kohlensäure – zu nutze. Bei der Zugabe von Kohlensäure wird ein Gewicht angehoben, das mit dem Entweichen eben dieser wieder absinkt und dabei Energie produziert.

Die **zweite Gruppe** beschäftigt sich mit Druckluftspeicher und Energiegewinnung. Tatsächlich existieren derzeit weltweit **zwei Druckluftspeicherkraftwerke** (Deutschland, USA). Bei diesen wird jedoch gespeicherte Druckluft, zu deren Erzeugung überschüssige Energie u.a. herangezogen wird, Gasturbinen zugeführt. In diesem Prozess wird der Druckluft allerdings Erdgas zugeführt und das in Folge erhitzte Gemisch der Turbine zugeführt, da beim Entspannen des Gases eine Temperaturabnahme erfolgt. Ein Vereisen der Turbine wäre in diesem Zusammenhang höchst nachteilig, weshalb auf die eine oder andere Weise Temperatur im Vorfeld zugeführt wird. Um möglichst effizient zu sein, muss natürlich ein entsprechend großer Druckluftspeicher gegeben sein, wobei im Falle des deutschen Druckluftspeicherkraftwerkes etwa Salzkavernen benutzt werden. In kleineren Dimensionen denkt **CAEStorage**. Dieses System greift auf Hydraulik zurück um Druckluft effizient zu speichern. Ein erster Prototyp wurde bereits realisiert, derzeit wird an einem zweiten Prototypen getüftelt. Bei diesem System wird jedoch ein Hydraulikmotor betrieben, Druckluft wird hydraulisch erzeugt. Die Speicher selbst lassen sich beliebig dimensionieren. Wie aktuell die Thematik rund um die Speicherung bislang ungenutzter bzw. überschüssiger Energie ist, zeigt die rege Forschungstätigkeit rund um Energiespeicher. So auch natürlich in Bezug auf Druckluftspeicher. Das Unternehmen **Toronto Hydro** will in absehbarer Zeit einen Druckluftspeicher realisieren, der unter Wasser angeordnet ist und bei Bedarf zur Erzeugung von Strom angezapft wird. Vorteile bei diesem System bietet vor allem der bestehende Wasserdruck, der ein Entleeren des Tanks jederzeit ganz einfach ermöglicht.

Ebenfalls unter Wasser werden die ballförmigen UWCAES Speicher installiert. Der flexible Speicher macht sämtliche Vorteile der submarinen Anbringung offenbar, denn der stete Wasserdruck gewährleistet, dass bei Entnahme aus dem Speicher der Druck in diesem gleich bleibt, was bei anderen Speicherlösungen wie Kavernen beispielsweise nicht der Fall ist.

Als weiterer Unterwasserdruckluftspeicher soll überdies Arothron genannt werden.

Die Erfindung möchte durch eine spezielle Anordnung günstige bzw. überschüssige Energie speichern und zu einem späteren Zeitpunkt, wenn Bedarf besteht, den Speicher zur Erzeugung elektrischer Energie anzapfen. Dieses Vorhaben lässt sich prinzipiell auf sehr vielfältige Weise umsetzen. Deshalb haben wir in der **dritten Gruppe** diverse **Stromspeicher bzw. –systeme** gelistet, die in diesem Zusammenhang ebenfalls von Interesse sind.

Siemens, wie auch OMV haben beispielsweise **Energy-to-Gas** Systeme umgesetzt, welche überschüssige Energie zur Produktion von Wasserstoff nutzen. Dieser kann dann als Treibstoff, zur Beimengung in Erdgas oder anderweitig genutzt werden. Auf ein anderes energiereiches Gas, Methan, als Speichermittel, wollen andere Forscher raten. Forscher der Hochschule Rapperswil haben dazu eine Pilotanlage gebaut und möchten diese Technik weiter forcieren.

Wie intensiv die Forschung in diesem Gebiet vorangetrieben wird, ist leicht aufgrund etlicher Artikel zu diversen Projekten nachzuvollziehen. Wir haben im Bericht zur Verdeutlichung ebenso eine Deutschlandkarte mit aktuellen und derzeit bekannten zukünftigen ähnlichen Projekten angeführt. Aber nicht nur mechanische Speicher sind beliebte Forschungsthemen, auch **chemische Speicher** stellen ein wichtiges Gebiet dar. Von Lithium-Ionen bis zu Vanadium-Redox-Flow Batterien, wie im Projekt Smart Power Flox zu sehen ist. Dabei wird überschüssige Energie eines Ortsnetzes in der Batterie gespeichert. Für Private gibt es überdies schon seit geraumer Zeit unterschiedliche Energiespeicher zur Ergänzung gerade photovoltaischer Systeme. Besonderes mediales Interesse hat dabei die Tesla Powerwall erregt, die eine leistbare Hochleistungsbatterie darstellt.

Thematisch verwandt sind natürlich ebenso Wärmespeicher, die in Verbindung mit Solarpaneelen überschüssige Energie als Wärmeenergie speichern.

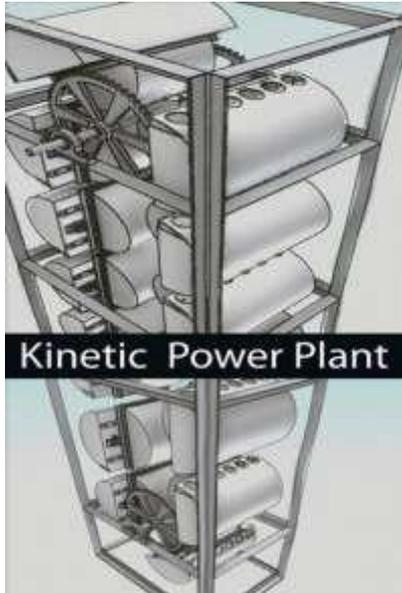
Die gefundenen Konkurrenzprodukte stellen starke Wettbewerber dar, da diese bereits über eine gewisse Reputation am Markt verfügen.

Es gibt folglich eine Reihe an unterschiedlichen Artikeln welche ebenfalls denselben Zweck wie die erfindungsgemäße Idee erfüllen und somit in sehr deutlicher Konkurrenz zur Erfindung stehen.

Gruppe 1: Energiegewinnung durch Auftrieb/Fallenergie

Rosch Auftriebskraftwerk (Ihnen bereits bekannt)

<http://rosch-innovations.de/kpp.php>



Das Kraftwerk nutzt unter anderem das archimedische Prinzip und produziert 24 Stunden am Tag grünen, emissionsfreien Strom, ohne dass fossile Energieträger von außen zugeführt werden müssen. Die von ROSCH INNOVATIONS® angebotenen Kraftwerkstypen sind in ihrer Größe modular skalierbar und werden ab einem Leistungs-Output von 200 kW vertrieben.

Die Funktionsweise:

Eine komplexgesteuerte Druckluftbefüllung versetzt ein Behältersystem in permanente Rotation.

Die Auftriebskraft wird über ein Getriebe umgewandelt in Bewegungsenergie, welche einen Generator antreibt, der als Bremse fungiert und die Bremsenergie in nutzbaren Strom umwandelt.

KINETIC POWER PLANT® - 200 kW	
Gesamtleistung	200 Kilowatt
Kraftwerkstyp	Auftriebskraftwerk
Nennleistung	200 kW
Leistung pro Zug	100 kW
Anzahl Kraftwerkszüge	3
Anzahl Generatoren	3
Anzahl Kompressoren	3
Nutzbare Energie im Jahr	1.752.000 kWh

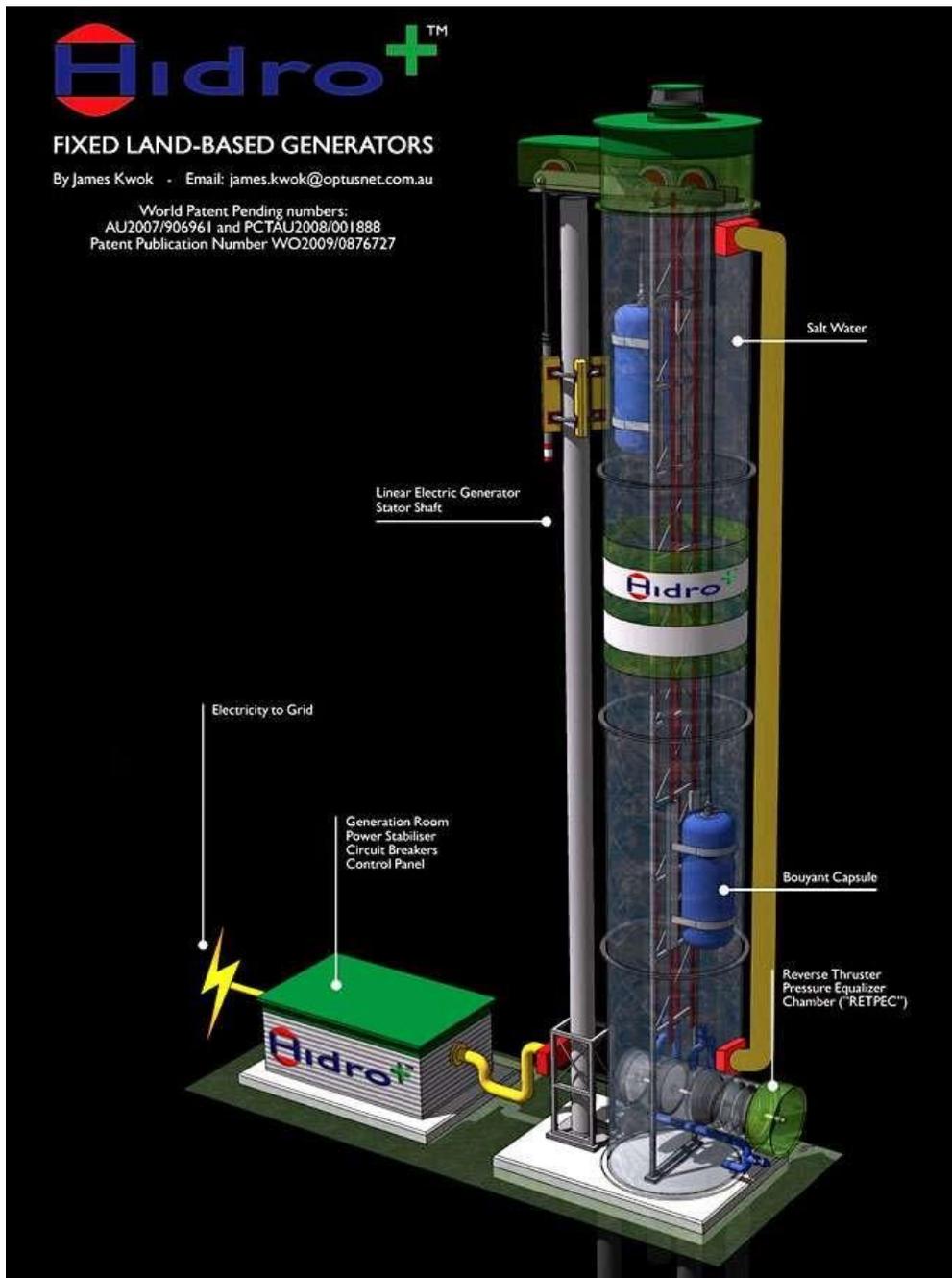
KINETIC POWER PLANT® - 5 MW	
Gesamtleistung	5 Megawatt
Kraftwerkstyp	Auftriebskraftwerk

Nennleistung	5 MW
Leistung pro Zug	500 kW
Anzahl Kraftwerkszüge	10 + 4 (Redundanz)
Anzahl Generatoren	14
Anzahl Kompressoren	14
Nutzbare Energie im Jahr	43.800.000 kWh

KINETIC POWER PLANT® - 40 MW	
Gesamtleistung	40 Megawatt
Kraftwerkstyp	Auftriebskraftwerk
Nennleistung	40 MW
Leistung pro Zug	500 kW
Anzahl Kraftwerkszüge	80 + 32
Anzahl Generatoren	112
Nutzbare Energie im Jahr	350.400.000 kWh

KINETIC POWER PLANT® - 100 MW	
Gesamtleistung	100 Megawatt
Kraftwerkstyp	Auftriebskraftwerk
Nennleistung	100 MW
Leistung pro Zug	500 kW
Anzahl Kraftwerkszüge	200 + 80
Anzahl Generatoren	280
Nutzbare Energie im Jahr	876.000.000 kWh

Kritik zum eher dubiosen Auftritt von Rosch <http://gaia.ws1.eu/chronik.php>



...

Hydrostatic Pressure Potential Energy (HPPE) is naturally present in any column of water. The higher the water tower, the higher the force of potential energy available for energy conversion. Central to the viability of the HidroPlus Technology is ensuring 97% of the water column height is constantly maintained for the energy conversion. To achieve this the HidroPlus Technology incorporates advanced engineering solutions ensuring only 3% of the HPPE dynamic-force is applied to eachwork cycle to drive the hydrodynamic and kinematic mechanical devices and to recycle the water back to the main water tower ready for the work-cycle repetition and constant conversion of Potential Energy.

The harnessing of HPPE potential energy and forces has evolved significant advances in mechanical systems and highly innovative devices for efficient energy conversion. This is a central piece of the technological breakthrough and patented innovations, incorporating decades of applied mechanical engineering experience to develop.

Hidro+ 1MW Module constantly providing enough electricity for approx 1300 homes.

Footprint 400m² x 25metres Tower Height

Hidro+™ technology world patents protection: PCT-AU2007/906961; AU2008/902488; AU2008/001888; AUS-PATENT2008/338258. HidroPlus Patents are published by World Intellectual Property Organisation [WIPO-Geneva] Publication number WO/2009/076727 and other patentspending.

...

APPLICATIONS

Hidro+™ has these wide applications and more:

- *Distributed/ localized Load Generator- enabling the avoidance of transmission losses.*
- *Mobilized land generator*
- *Automobiles and land transportation vehicles*
- *Sea Transportation vessels*

...

In Type A HidroPlus Generators the converted potential energy is imparted in various ways to generate electricity including:

As a Linear Electric Generator ("LEG") by applying the weight of the Rotor/ Translator to descend along a Stator-Bank.

By Imparted onto a Rack and Pinion geared wheel arrangement to store the energy in flywheels to run an electric generator.

By imparted onto a pneumatic/hydraulic cylinders where high pressure medium is stored and later released onto turbo generator.

FAQ...

What is the cost of installing & operating Hidro+™ Generator Technology?

HidroPlus is a 24/7 Distributed Power Generator economic on scale. A 1 Mega Watt Hidro+ is approximately US\$4.1 million. The maintenance & capital replacement cost are approximately 1 cent/KW Hr or \$10/MW Hr. The smallest available HidroPlus generator has a net output of 250Kilo-watts.

...

Is Hidro+™ a Perpetual Motion Machine?

No, HidroPlus uses both pumps and motors to generate electricity and is much more innovative and advance technology then even most expert engineers can imagine. Energy can not be created or destroyed but it can be transferred from one form into another. The highly experienced engineers and scientist of the HidroPlus Group through extensive experiments, research and development as well as financial cost have successfully commissioned a number of bench tests, prototypes, large scale demonstration unit and large pre-commercial generator in order to develop a commercially ready patented renewable energy technology, that transfers energy efficiently through the use of innovative mechanical devices currently unavailable in the market place.

The Hidro Buoyancy Machine 2013 Review, July 16, 2013

<http://revolution-green.com/2013/07/16/the-hidro-buoyancy-machine-2013-review/> ...

Advantages and limits of this system

If the operational principle is proved to be valid, this system would have many positive advantages over other ways of generating power. First of all it is renewable energy, actually free energy. The system doesn't consume any fuel. The system is clean, it doesn't pollute the environment.

The system doesn't depend on particular climate conditions, it could work equally well on every climate, except where water freezes, and it could work day and night, so it would overcome the major limit of photovoltaic and wind based systems. Apparently the system could also be installed on large ships, providing at least part of the power needed to move the ship.

At the same time this system has many disadvantages respect other power generation systems. One of the problems is that it has many large parts in motion, which means some mechanical problems on the long run and probably the need of much maintenance work. As a matter of fact the system doesn't give ready to use electric power, there must be an electric power generator mechanically connected to the fan, and the motors that pump the water back into the tank need electric power too.

It is difficult that the generator could provide the power directly to the motors, maybe the system has to be connected to a larger electric network, from which the motors take the power they need, and at the same time the generator gives the electric power it generates. So the balance of the electric power output minus the electric power input is what matters. However this happens also with other systems of generations of renewable power, like solar photo voltaic panels and wind powered turbines.

Another limit is the cost. Comprising many high quality mechanical parts, electric parts and also some electronics for the correct synchronization of the valves, this system has certainly a noticeable cost

and probably it is not convenient to build it in very small sizes. In theory we could make it just large enough to provide for example 5 kW of power, that can be enough for a medium size house, but the cost and the space required could be a problem. In this case a large system with an output power of the order of 250 kW – 1 MW could be convenient since it could provide power to a group of houses. However the cost is always related to the market, as we have seen with the photo voltaic panels.

...

Conclusions

At the beginning it seemed that the inventor was sincere and he thought that the system could really work. With the passing of time this has become less likely.

This story has lasted for quite a number of years. In 2010 James Kwok said that he had been researching on the Hidro+ system for 10 years. It may be that in 2012 there was a realization that the system could not really work as first thought. The problem is that the story of the Hidro+ system has changed look and feel in 2012, raising several red flags. Maybe the operation principle is valid, but without other demonstrations, and with all the problems discussed previously, the technology is starting to look like less likely to succeed.

Graviator

<http://www.graviator.com/>



Zukunftsorientierte Energieerzeugung - endlos - umweltfreundlich (Null-Emission)!

Auszug aus dem Schutzrecht:

Die Funktion erfolgt über das Aufsteigen eines Massekörpers innerhalb einer mit Wasser gefüllten Röhre (Auftriebschacht) an dessen oberen Ende eine Wechselmechanik den Auftriebeskörper (Massekörper) in ein Fallrohr befördert.

Im Fallrohr ist ein Linear-Generator installiert, der die Fall-Energie des Massekörpers in elektrische Energie umsetzt. Am unteren Ende des Fallrohres befindet sich ein Magazin mit 3 waagrecht liegenden Massekörpern, von denen der Erste durch die Aufprallwucht des aufschlagenden Massekörpers in den Auftriebschacht eingeschoben wird. Bei größeren Fallhöhen gibt es physikalische Eischubhilfen, mit denen es möglich ist, die Wassersäule für einen Augenblick anzuheben.

Das erfindungsgemäße Graviator-Stromerzeugungs-System besteht daher im Wesentlichen aus dem

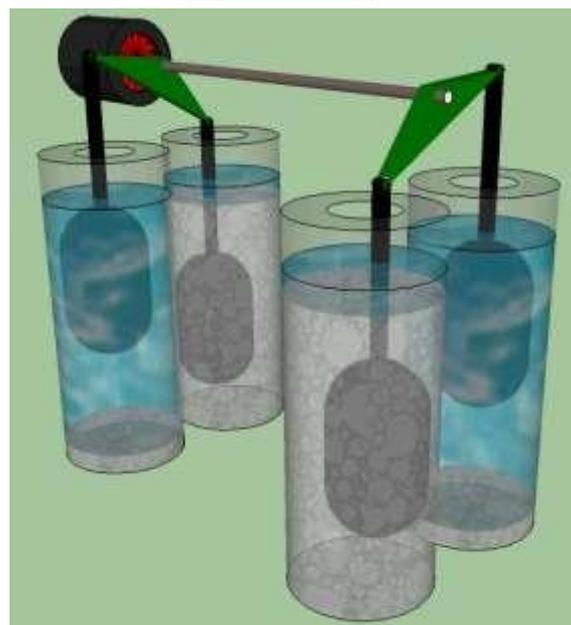
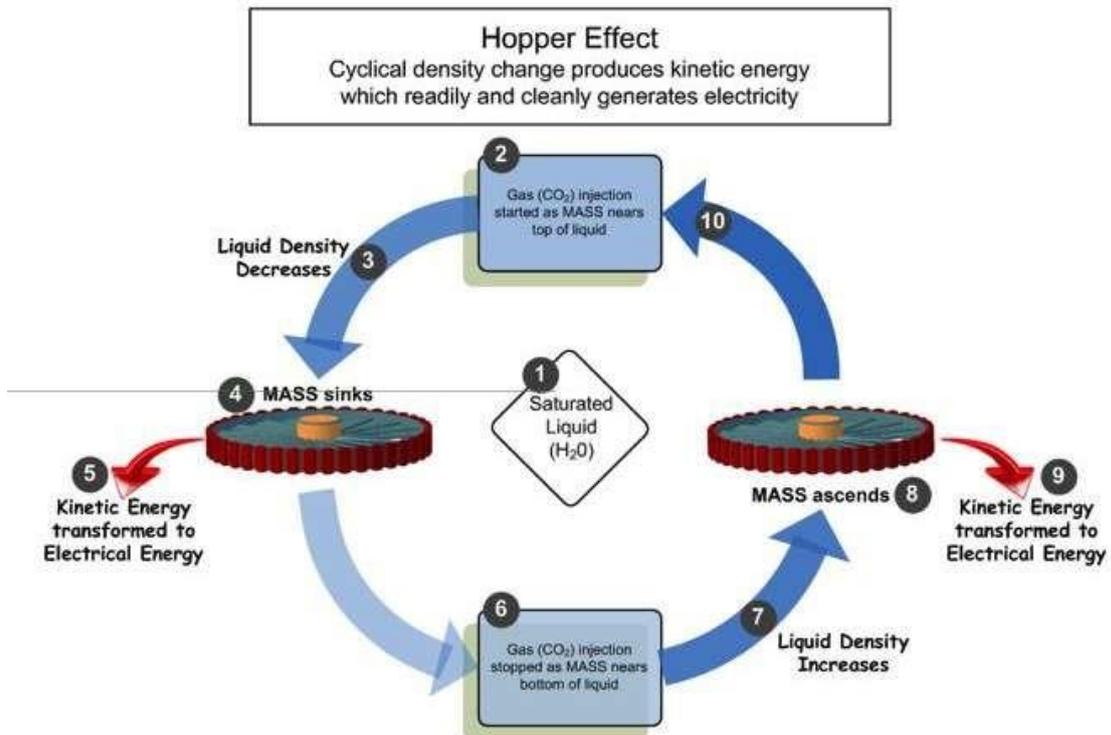
Auftriebsschacht, der Wechselmechanik, dem Fallrohr mit dem integrierten Lineargenerator und der Einschubschleuse mit integriertem Massekörpermagazin. Weiter sind je nach verwendeter Fallhöhe mehrere Massekörper im Umlauf.

Das System wird mit 3 im Magazin befindlichen Massekörpern gestartet. Alle weiteren Massekörper befinden sich im Fallrohr und sind einzeln gesichert. Beim Start werden diese in vorgegebenen Taktfrequenzen ausgeklinkt und somit die Maschine in Gang gesetzt.

Hopper Effekt

<http://hopperenergysystems.com/>

Video: http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=3yeCrjvM5k



HES patent entitled "Methods and Systems for Power Generation by Changing the Density of a Fluid" is a proprietary process developed by retired Air Force veteran and engineer, Lee Hopper. His

discovery is our patented process that allows a multi-ton object to accelerate from a buoyant standstill in a matter of seconds. We have finally solved the age old dilemma of how to harness gravity and buoyancy in a synergistic process we call the "Hopper Effect™."

Of the thousands of patents worldwide that have strived to apply these powerful forces of nature, all have one flawed concept, the utilization of pressure differentials; they apidly inflate then deflate or purge ballast. These methods have proven to be ineffective. With HES technology we overcome the primary obstacles to successfully tap these prodigious resources.

Here is why we are different and how we have unlocked these tremendous forces and allow them to work together. Unlike an object being inflated having to struggle through the friction and viscosity of water, the HES gravity piston, coated in a new ultra low friction coating, falls rapidly through any lowered density liquid. Once the piston has descended to the bottom of the HES plant's shaft, the density change is abated. The pure gas exits the surface of the liquid for collection and the massive hydrodynamic gravity piston shoots to the surface like a submarine blowing ballast and breaching.

Gruppe 2: Druckluftspeicher und Energiegewinnung

Druckluftspeicherkraftwerk Staßfurt

<http://forschung-energiespeicher.info/projektschau/gesamtliste/projekteinzelsicht/95/DruckluftstattPumpspeicher/>

Projektstatus	 Konzeptphase
Typische Anlagengröße - Energie	10-1.000 MWh
Typische Anlagengröße - Leistung	10-260 MW
Wirkungsgrad AC/AC	Circa 70
Speicherverlust [1/d]	< 3 %
Zyklusfestigkeit (80 Prozent Entladetiefe)	100 %
Brauchbarkeitsdauer der Anlage (1 Zyklus/Tag)	40 a
Typische Entladezeit	4 Stunden
Ansprechzeit bei der Breitstellung der Energie	< 15 Minuten
Anwendungsfelder – Beispiele	Ausgleich von Tagesschwankungen, täglicher Ein- und Ausspeichervorgang, Wholesalemärkte, Regelenergie- und Kapazitätsmärkte, Verteilnetzanwendungen, Industrieanwendungen
Speichereffekt – Temperaturänderung	Unterirdische Kaverne, Sensibler Speicher, Druckänderungen
Speichermedium	Natursteine und Keramiken
Speicherkonstruktion	Vorgespannter Betonbehälter
Projektlaufzeit	Januar 2013 bis Juni 2016

Seit 2009 untersuchen Wissenschaftler im ADELE-Verbundprojekt adiabate Druckluftspeicher mit Fokus auf Turbomaschine, Wärmespeicher und Kaverne. Im Anschlussvorhaben ADELE-ING vergleichen Forscher nun Verfahrensvarianten miteinander. Zusätzlich werden neue teiladiabate Prozessvarianten und herunterskalierte Anlagenkonfigurationen entwickelt, die einen früheren Markteintritt ermöglichen

...

Ganzheitlicher Ansatz

Im vorlaufenden ADELE-Vorhaben untersuchen Wissenschaftler seit Ende 2009 die Machbarkeit der „Adiabaten Druckluftspeicher-Technologie“, allerdings noch mit Fokus auf die Kernkomponenten Turbomaschinen, Wärmespeicher und Kaverne. Das im Rahmen der Energiespeicherinitiative geförderte Projekt ADELE-ING baut auf diesen Ergebnissen auf. ADELE-ING verfolgt in einem ganzheitlichen Ansatz zunächst die Identifikation bzw. Bestätigung des endgültigen ADELE-ING-Designs zur adiabaten Druckluftspeichertechnologie. Dies wird durch einen technisch-wirtschaftlichen Vergleich des ADELE-ING-Konzeptes mit alternativen Anlagenkonfigurationen erreicht. Diese Arbeiten sind inzwischen weit fortgeschritten: **Es wurde die technische Machbarkeit von Wirkungsgraden von**

etwa 70 Prozent bestätigt und die Absenkung der Investitionskosten auf das Niveau von Pumpwasserkraftwerken erreicht. Trotz der erreichten Erfolge stellt sich der wirtschaftliche Betrieb von Stromspeichern immer noch schwierig dar. Um die Chancen für den Markteintritt der Technologie weiter zu verbessern, werden zur Absenkung der Investitionshürden teiladiabate Anlagenkonfigurationen und herunterskalierte Anlagenlösungen für Verteilnetzanwendungen entwickelt.

Parallel wird die Netz- und Marktintegration der ADELE-Technologie für das zukünftige deutsche Stromversorgungssystem untersucht. Dabei werden auch Zielgrößen zur Technologieentwicklung erarbeitet.

Komponenten und Gesamtanlage weiterentwickeln

Adiabate Druckluftspeicher nutzen die bei der Kompression der Luft entstehende Wärme – im Gegensatz zu den konventionellen, sogenannten diabaten, Druckluftspeichern. Deshalb können sie während des Turbinenbetriebs die Zufeuerung von Erdgas, und die damit verbundene CO₂-Emissionen, vermeiden und den Wirkungsgrad auf 70 Prozent steigern. Allerdings erfordert dieses Konzept neue, bisher nicht verfügbare Komponenten. Zum einen müssen neue Hochtemperaturverdichter und -expander entwickelt werden. Zum anderen müssen große Wärmemengen auf hohem Temperaturniveau ein- und ausgespeichert werden. Die Entwicklung dieser Komponenten, des Gesamtanlagenkonzeptes einschließlich aller Neben- und Hilfsaggregate, sind ebenso Inhalt dieses Projektes wie die Erarbeitung von Betriebsführungskonzepten, Untersuchung zur der Dynamik und des Teillast-/ Lastwechselerhaltens sowie die Erarbeitung eines Genehmigungsverfahrens für diese bisher nicht realisierte Technologie.

http://www.welt.de/print/die_welt/wissen/article132434586/Energie-aus-nichts-als-Luft.html ...

Im Untergrund der in Sachsen-Anhalt gelegenen Stadt Staßfurt existiert ein großer Salzstock. Bereits seit Längerem wird eine dieser Kavernen von der RWE Gasspeicher GmbH als unterirdischer Erdgasspeicher genutzt. Die notwendigen Anlagen hierfür sind bei Neu-Staßfurt positioniert. Das Problem:

*Adele kommt nicht voran. Zwar haben die Vorarbeiten, an denen unter anderem auch das Institut für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) teilgenommen hat, eine grundsätzliche technische Machbarkeit bescheinigt. Doch deuten die gewonnenen Erkenntnisse, so ein Sprecher des RWE-Konzerns, darauf hin, dass ein solches Speicherverfahren unter den derzeitigen Prämissen nicht wirtschaftlich ist. **Das Projekt liegt damit faktisch auf Eis.***

...

In Elsfleth-Huntorf in Niedersachsen wird seit 1978 ein kombiniertes Druckluftspeicher- und Gasturbinenkraftwerk mit einer Leistung von 290 Megawatt betrieben. Es ist das erste seiner Art und

erreicht einen Wirkungsgrad von 42 Prozent. Das zweite Kraftwerk wurde 1991 in McIntosh in den [USA](#) errichtet.

Dieses 110-MW-Kraftwerk erreicht einen Wirkungsgrad von 54 Prozent. Professor Ian Bryden vom Lehrstuhl für Erneuerbare Energien an der Universität von Edinburgh wollte bereits 2010 das Kraftwerk Elsfleth verbessern, indem Druckluft in eine natürliche Salzkaverne mit einem Speichervolumen von 300.000 Kubikmetern eingebracht wird. Dabei sollte die komprimierte Luft in der Lage sein, zwei Stunden lang 300 Megawatt zu liefern. **Der Nachteil: Man braucht ziemlich viel Energie, um Druckluft zu erzeugen und zu speichern und weitere Energie, um die "freigelassene" Luft wieder zu erwärmen.** Denn diese würde ohne Erwärmung im Zuge ihrer notwendigen Dekomprimierung "eisig" – keine gute Bedingung, um Turbinen anzutreiben.

Kraftwerk Huntorf

<http://www.eon.com/de/ueber-uns/struktur/asset-finder/huntorf-power-station.html>



Auf einem Salzstock in Huntorf wurde 1978 das weltweit erste Luftspeicher-Gasturbinen-Kraftwerk in Betrieb genommen. Der Spitzenlastblock wird voll automatisiert ohne örtliches Personal vom Kohlekraftwerk Wilhelmshaven ferngesteuert und überwacht.

Das Kraftwerk Huntorf unterscheidet sich von herkömmlichen Gasturbinenkraftwerken durch die **zeitlich getrennte Erzeugung von Druckluft und Strom**. Es arbeitet mit dem Trick, Strom in mechanische

Energie umzuwandeln, diese zu speichern und bei Bedarf kurzfristig wieder in Strom zu verwandeln. **In Zeiten geringen Strombedarfs pumpt die Anlage Luft in zwei Salzkavernen.** Bei hohem Strombedarf wird die unterirdisch gespeicherte Druckluft zusammen mit Erdgas verbrannt und die heiße Verbrennungsluft zur Stromerzeugung genutzt. Die Turbine kann ohne fremde Energie gestartet werden und innerhalb von sechs Minuten ihre volle Leistung erreichen. Der Kraftwerkstyp ist damit ein Schnellstarter in Belastungsspitzen oder bei Kraftwerksausfällen.

Betreiber: E.ON Kraftwerke GmbH

Gesellschafter/Eigentümer: E.ON Kraftwerke GmbH

Brennstoff: Erdgas

Nettleistung: 321 MW

Inbetriebnahme: 1978

CAEStorage - Compressed Air Energy Storage

<http://www.caestorage.de/>



Die CAEStorage GmbH wurde 2012 mit dem Ziel gegründet, einen leistungsstarken, langlebigen und wartungsarmen pneumatisch-hydraulischen Druckluftspeicher zu entwickeln.

Mit dem ersten Prototyp wurde die Phase 1 bereits erfolgreich abgeschlossen und der Funktionsnachweis erbracht.

In Phase 2 wird nun der seriennahe Prototyp 2 entwickelt und auf einem Leistungsprüfstand zertifiziert, sowie im Feldversuch unter Praxisbedingungen getestet.

Im Laufe der Entwicklung konnten wir immer wieder neue Erkenntnisse gewinnen und Optimierungen erreichen. Leider hat sich dadurch der Zeitplan der Markteinführung verzögert und wird nun erst 2016 erfolgen.

Wir bitten aus oben genannten Gründen um Verständnis, dass verbindliche Aussagen zu Speichergrößen und Preisen derzeit nicht möglich sind.

Das CAEStorage-System

*Die Entwicklung des CAEStorage-Energiespeichers basiert auf den physikalischen Grundlagen der **Hydraulik und Pneumatik**. In Verbindung beider Systeme kompensieren die Vorteile der Hydraulik die Nachteile der Pneumatik. Dadurch können die Vorteile beider Technologien genutzt werden.*

Hydraulische Systeme besitzen einen Wirkungsgrad von bis zu 90%, da Hydrauliköl nur geringfügig komprimierbar ist und damit eine hohe Leistungsdichte des Systems gewährleistet.

Das Funktionsprinzip und die Problemlösung

Mittels elektrischer Energie, z.B. von PV-Anlagen, wird das Hydrauliköl über eine hydraulische Pumpe in diverse Hochdruckzylinder gepumpt. In diesen befindet sich ein Ölspiegel, darüber befindet sich Luft. Durch das Einpumpen des Öles wird die Luft in Speicherdruckbehältern bis zu einem Systemdruck von 500 bar verdichtet. Die bei bisherigen Druckluftsystemen üblichen Kompressionsverluste werden so eliminiert und der Systemwirkungsgrad signifikant gesteigert.

Das Speichern und die Bereitstellung von Energie erfolgt im gleichen Arbeitsprinzip, nur in umgekehrter Reihenfolge.

Bei der Entladung werden die ölgefüllten Hochdruckzylinder mit dem pneumatischen Druck aus den Speicherdruckbehältern beaufschlagt. Das Öl treibt einen Hydraulikmotor an, der wiederum einen Generator antreibt und die erzeugte elektrische Energie an die Verbraucher abgibt.

Für eine kontinuierliche Arbeitsweise werden im Lade- und Entladevorgang jeweils mehrere Hochdruckzylinder parallel eingesetzt. Innerhalb weniger Sekunden reagiert das System auf die gewünschten Anforderungen und speichert oder stellt Energie bereit.

Durch die individuell konfigurierbare Anzahl der Hochdruckzylinder und Speicherdruckbehälter ist das System skalierbar und kann den Projektanforderungen angepasst werden.

Somit sind mit dem CAEStorage-Energiespeicher industrielle Anwendungen, Inselanlagen, mobile Lösungen oder Netzstabilisatoren realisierbar.

Im Gegenzug zu herkömmlichen Akkuspeicherlösungen verfügt der CAEStorage-Energiespeicher über eine fast unbegrenzte Lebensdauer. Zyklfestigkeit und Tiefentladung spielen hier keine Rolle.

<http://www.photovoltaiik.eu/photovoltaik-2014-7/Strom-bunkern-mit-Luft-und-Oel,QUIEPTU5NzExMiZNSUQ9MTEwNDUzJIBBR0U9MQ.html>

...

Kein elektrischer Kompressor

Zwei Probleme galten bislang als unüberwindbar. Zum einen werden die Kompressoren bei solchen Druckluftspeichern sehr heiß. Das Material verschleißt, weil im Verdichter mehr als 600 Grad Celsius herrschen. Der Grund sind vor allem die Reibungsverluste in schnelllaufenden Kompressoren. Und der Druckanstieg: Immerhin wird die Luft mit bis zu 500 Atmosphären beaufschlagt. Zum anderen vereisen die Luftauslassventile auf der Entspannungsseite, über den Hydraulikzylindern. Wie bei starkem und schnellem Druckanstieg große Hitze entsteht, so erzeugt der Druckabfall während der Entspannung einen erheblichen Temperaturverlust im Gas.

Das ist von Luftpumpen bekannt. „Wir verzichten gänzlich auf den elektrischen Kompressor, um die Druckluft zu erzeugen“, erzählt Georg Tränkl. „Wir machen das nur mit Hydraulikzylindern, die den Druck aufbauen. Mehr als 80 bis 120 Grad Celsius werden an den kritischen Bauteilen nicht erreicht.“

Und die Entspannung, also die Stromentnahme, erfolgt langsam über eine Kaskade von vier bis sechs Hydraulikzylindern, die wir mit vorgewärmtem Öl fahren. Dafür nutzen wir die Abwärme des Motors und des Generators.“ Auf diese Weise vereist der Prototyp nicht, auch nicht bei 500 Bar in den Flaschen. Kein Bauteil des Aggregats überhitzt. „Die Lebensdauer ist unbegrenzt“, urteilt Tränkl, der bereits viel Erfahrung mit ähnlichen Systemen in der Fahrzeugtechnik hat.

Millionenfach bewährte Technik

Nun sucht CAE Storage nach einem Industriepartner, um den Prototyp für die Serienfertigung zu optimieren. „Wir rechnen mit Speicherkosten von 200 Euro je Kilowattstunde Speicherkapazität“, rechnet Willi Wohlfart vor, neben Georg Tränkl ist er einer der Gründer des Unternehmens.

Wohlfart kommt aus der Photovoltaik. Er ist Geschäftsführer von Sunworx Solar in Lauf bei Nürnberg. „Für eine Lithium-Ionen-Batterie rechnet man mit 900 bis 1.000 Euro. Ähnlich hoch sind die Kosten für Redox-Flow-Batterien.“ Ein weiterer Vorteil: Der Druckluftspeicher von CAE Storage lässt sich in jeder beliebigen Größe bauen. Die Druckluft wird in handelsüblichen Stahlflaschen gelagert. Auf diese Weise könnte man sommerlichen Solarstrom bis in den Winter verschieben. Denn der Druckverlust beträgt kaum 0,2 Bar in der Woche, bei 100 Bar Flaschendruck. Da kündigt sich eine Revolution in der Heiztechnik an, die viele noch für Phantasterei halten: Heizen mit Sonnenstrom.

Erstaunlich kompakt

Einfach ausgedrückt, besteht das Aggregat aus drei Baugruppen: der Beladeeinheit, die Strom nutzt, um Druckluft hydraulisch zu erzeugen, dem eigentlichen Speicher, einer Kassette von 50-Liter-Stahlflaschen, und der Entladeeinheit, die den Luftdruck in elektrischen Strom zurückwandelt. „Die Drucklufttechnik ist vielfach erprobt. Man muss lediglich die Dichtungen und Ventile regelmäßig durchsehen und gegebenenfalls austauschen“, erläutert Wohlfart. „Deshalb werden wir den Speicher mit einem Wartungsvertrag verkaufen, wie in anderen Branchen üblich. Wir verwenden keine Bauteile, die altern, wie beispielsweise Lithiumbatterien. Alles funktioniert mechanisch.“ Auch die Stahlflaschen sind millionenfach im Einsatz und geprüft. „Das ganze Speichersystem kommt mit handelsüblichen Bauteilen aus“, sagt Wohlfart. „Deshalb können wir mit solchen Preisen rechnen.“ Er hält 50 bis 60 Jahre Lebensdauer für machbar. Denkbar wäre auch, das hydraulische Aggregat mit einer kleinen Pufferbatterie aus Lithium zu kombinieren, um sehr kurze Lastspitzen abzudecken.

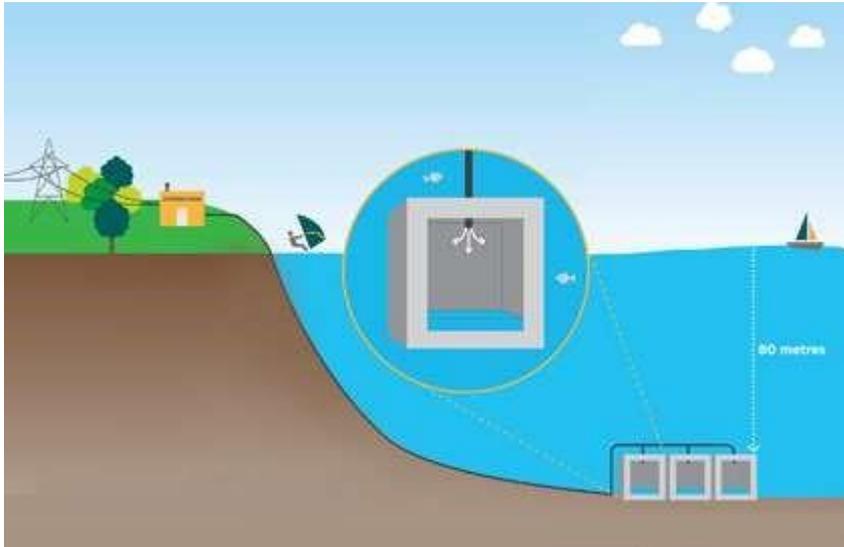
Einen weiteren Vorteil hat der CAE-Speicher, wie sich in der Werkstatt von Georg Tränkl sofort zeigt: Er ist erstaunlich kompakt. Lithiumbatterien mit vergleichbarer Kapazität sind viel größer und schwerer. Mit 200-Bar-Flaschen leistet der Speicher rund 60 Kilowatt. Dafür braucht er ein mannshohes

Aggregat mit etwa zwei mal zwei Metern Grundfläche. Mit 300-Bar-Flaschen steht eine Leistung von 90 Kilowatt bereit, mit 500-Bar-Flaschen gar 150 Kilowatt. Aus einem üblichen 40-Fuß-Container wären sechs Megawatt möglich. Mit der Lithium-Ionen-Technik braucht man dafür eine Turnhalle.

First underwater compressed air energy storage project

<http://www.torontohydro.com/sites/electricsystem/GridInvestment/powerup/Pages/CompressedAirEnergyStorageProject.aspx> <http://www.hydrostor.ca/home/>

Video: <https://youtu.be/xT5420ENg7o>



Toronto Hydro is working with Hydrostor to analyze the electrical grid benefits of underwater compressed air energy storage (UCAES). The world's first system is being installed in Lake Ontario.

The project will focus on the unit's ability to provide reserve power, shift load and smooth out transmission and distribution congestion.

The system is designed to use electricity generated during low-demand off-peak hours to drive compressed air into a fixed wall air cavity below the lake's surface. When the energy is required, the system is reversed.

How it works

Compressed air stored in a fixed wall cavity allows for the use of electricity on-demand. When electricity is required, the weight of the water pushes the stored air from the underwater accumulators through an air feeder pipe into an expander, which drives a generator, to supply electricity back to the grid.

UWCAES

<http://www.uwcaessociety.com/>

<http://www.renewableenergyworld.com/articles/2014/09/underwater-compressed-air-storagefantasy-or-reality.html>



Underwater compressed air energy storage (UWCAES) is a method for storing energy in the form of compressed air. In an UWCAES system, electrical energy is converted to and from compressed air using a series of air compressors or turbo-expanders.

The primary novel attribute of UWCAES is in the storage of air, where submerged air accumulators, placed in deep water bodies, interface with surrounding water as the accumulator filled air capacity varies.

The benefits of UWCAES include:

Location Adaptability

Constant Energy Profile

Scalability

...

The basic concept involves some form of “energy bag,” a balloon-like vessel made of stretched fabric, which is anchored to a sea- or lakebed. When energy is needed its compressed air can be released to drive turbines.

“For UW-CAES [at depths of 400 to 700 meters], the pressure remains almost constant for all levels of fill,” said Seamus Garvey, a professor of dynamics at the University of Nottingham in the U.K. “In effect, this means that for a given upper pressure, each cubic meter of air storage delivers about three times as much energy storage.”

Maxim de Jong, CEO of Thin Red Line Aerospace near Vancouver, Canada, says with such compressed air storage, it’s best to use high-efficiency Rolls Royce-like turbines.

"If you [pump air into a cavern](#), you have a fixed volume. So the more air you let out of a limestone cave with compressed air, the more the pressure is going to drop," said De Jong. "But with UW-CAES, the ocean [pressure] is always pushing on the bag."

...

Electricity stored underwater in this instance is generated from the normal electric grid. Using their electricity, Toronto Hydropower will use a compressor to store air in an underwater holding tank after being fed through pipelines from the city. To turn the compressed air back into electricity, Hydrostor will use a turbo-expander linked back into the grid.

Unlike caverns, which are constricted by their size and location, Hydrostor will use what VanWalleghem terms "air accumulators." "The other alternative is extremely expensive steel pressure vessels," said VanWalleghem. "But we're almost as low-cost as the caverns."

The technology's advantages include off-the-shelf compressors, turbines, heat exchangers as well as "free" air and ocean pressure. UW-CAES advocates even note that the tech is environmentally friendly and the bags can act as "artificial reefs" for marine life.

If a project is more than 3 kilometers offshore, however, then the cost of piping and the energy loss running compressed air through pipe becomes a real financial concern, according to de Jong.

Hydrostor has also signed a power purchase agreement with WEB Aruba N.V. for a UW-CAES facility based on the Canadian venture's proprietary technology. The project is to be installed near Aruba's Vader Piet Wind Park on the island's southeastern coast later this year.

"Aruba has a wind farm and solar plants, but they end up with too much electricity at night," said VanWalleghem. "So, the idea is that they store it and the next day — instead of turning on a diesel peaking plant — they use our stored energy to provide six to eight hours of on-demand peaking power."

That's very different from batteries, which normally kick in whenever a cloud comes over a solar field or gusts drop off over a wind farm, said VanWalleghem.

...

Barriers to Development

Before these UW-CAES projects can be brought to fruition, however, there are several economic challenges to iron out.

"You need a lot of volume to make it scalable; [preferably] a 40-meter diameter bag (or some 36,000 cubic meters of storage)," said de Jong. "And if you're going to get permission to plant something like that on the ocean floor, then you need to show that it's going to maintain structural integrity for five to ten years."

There are also some technical issues to address, according to de Jong. "It will be a challenge to find the right way to keep the things on the ocean floor because the bag alone would weigh 500 metric tons and if something like this were to cut loose, you could sink an oil tanker."

In offshore configurations, the ideal target installation depth would be 500 meters. Thus, when submerged, de Jong says the ballast required to retain a commercial energy bag would require the equivalent of 130,000 cubic meters of concrete (or some 3.6 times the volume of the energy bag itself).

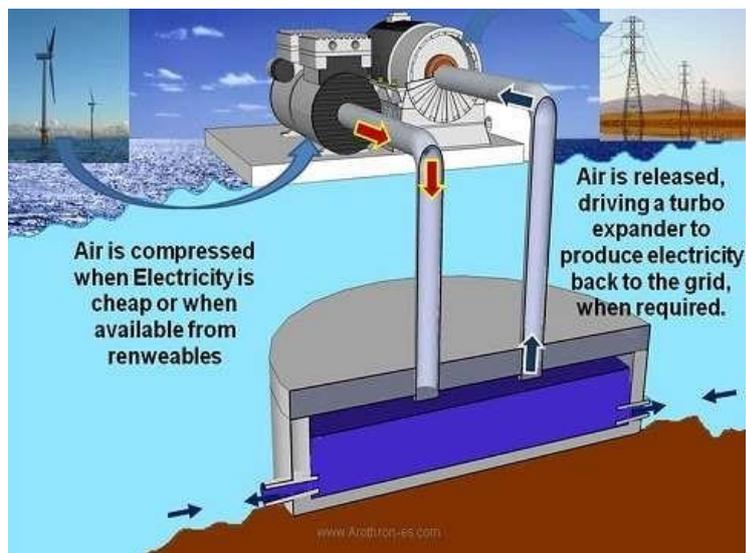
As de Jong points out, regardless of depth, 1 cubic meter of air in an underwater bag will have a buoyant force of 1 metric ton. However, he says due to the potential for an accidental release of such bags from the ocean floor, a minimum 10-metric ton restraining structure would also be needed.

Despite these challenges, those in the industry remain optimistic for successful growth.

“In the next five years, we will [likely] see between 5 and 20 prototype projects,” said Garvey. “But after 2020, we will see a few large projects being fitted alongside offshore wind where real commercial payback is expected and achieved.”

Arothron

<http://www.arothron-es.com/Technology.aspx>



The concept is of storing compressed air in large and rigid structures anchored to the sea base. Unlike conventional underground

CAES, the reservoirs are containers made of common and ordinary materials like concrete and steel, constructed on shore.

The container has open pipes that allow water in and out, thus keeping a constant pressure equal to the hydrostatic pressure on sea base. The internal design is suitable for large energy storage.

These facts in addition to innovative and inexpensive anchoring methods reduce the overall costs and make the whole idea worthwhile.

The compression and electricity generation are based on proven CAES technologies.

The installation process commences with building the container in a dock, then towing it to the storage site, sinking it, anchoring and connecting pipes and cables.

Other technological features consist of:

- *Low maintenance costs since there are no sub-systems that require maintenance underwater.*
- *Same structure is suitable for all depths. Storage capacity can be regulated by interconnecting several containers.*
- *The compression is against constant pressure therefore carried out at high efficiency.*
- *There is no need for a pressure regulator in front of the power generator because the pressure is constant.*

Note:

UNDERWATER ENERGY STORAGE SYSTEM AND POWER STATION POWERED THEREWITH

Arothron's IP portfolio currently includes an Issuance US Patent No. 8,801,332 and several other pending patent applications

Gruppe 3: andere Stromspeicher(systeme)

Siemens erfindet Technik, die überschüssigen Strom aus Wind und Sonne speichert, 03.07.2015

<http://www.badische-zeitung.de/wirtschaft-3/siemens-erfindet-technik-die-ueberschuessigenstrom-aus-wind-und-sonne-speichert--107142626.html>



MAINZ. Die Energiewende kommt nicht recht aus den Startlöchern. Das liegt an der Politik, aber auch am Fehlen wichtiger Techniken. Dazu gehören Speicher, die es möglich machen, die stark schwankende Stromproduktion der erneuerbaren Energien besser zu nutzen. *Ein Schlüsselteil glaubt Siemens nun in Form einer neuen Technologie zur Speicherung von Ökostrom als Wasserstoff gefunden zu haben.* "Wir haben einen Brückenschlag geschaffen von der Vision zur industrietauglichen Realität", jubelt Siemens-Technologiechef Siegfried Russwurm bei der Eröffnung des 17 Millionen Euro teuren Energieparks Mainz, in dem Siemens mit Linde zusammenarbeitet.

Anlagen zur Umwandlung erneuerbarer Energien in Gas gibt es zwar schon. Aber sie haben zwei Mängel, die die Siemens-Innovation überwinden soll. Erstens sind bestehende Anlagen in ihrer Leistung zu klein. Zweitens reagieren bislang verfügbare Technologien zu langsam, um auf ein plötzliches Anschwellen zum Beispiel von Windstrom schnell genug reagieren zu können. Immer öfter müssen Rotoren in Windparks aus dem Wind drehen, weil das deutsche Stromnetz die produzierte Menge an Windstrom nicht aufnehmen kann.

Mit der *Mainzer Elektrolyseanlage*, die mittels Strom Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff spaltet, beseitigt Siemens diese Schwachstellen. Die an das Netz der Stadtwerke Mainz und einen Windpark angeschlossene Anlage kann im Bereich von Millisekunden auf Stromschübe reagieren, aufkommende Netzschwankungen damit umgehend ausgleichen und das bei einer Stromaufnahme in der Dimension von sechs Megawatt.

Damit ist sie die weltgrößte Elektrolyseanlage ihrer Art weltweit und Siemens hat noch Größeres in Planung. Spätestens in fünf Jahren wollen die Münchner solche Anlagen für 50 bis 100 Megawatt

Stromaufnahme bauen. Das wäre genug Kapazität, um den überschüssigen Ökostrom sogar großer Windparks in Form energiereicher Gase zu speichern. In einem internen Energiewendeszenario geht Siemens davon aus, dass 85 Großspeicher mit je 1,5 Gigawatt Elektrolyseleistung reichen würden, um die Energiewende bis 2050 auf ein sicheres Fundament zu stellen.

Welchen Pfad die Politik letztlich betritt, wissen auch Siemens-Planer nicht. Die Deutsche Energieagentur (Dena) hält das Speichern von Ökostrom in Gasform für eine Technologie, die entscheidend zum Erfolg der Energiewende beitragen kann. "Die Power-to-Gas-Technologie ist ausgereift und steht zum Einsatz zur Verfügung", betont Dena-Geschäftsführer Ulrich Benterbusch. Zu ihrem Durchbruch müsse die Politik aber aus erneuerbarer Energie gewonnene Gase wie Wasserstoff als Biokraftstoff anerkennen. Zum anderen müsse im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) der Passus gestrichen werden, wonach erneuerbarer Strom auch dann vergütet wird, wenn er nicht verbraucht wird oder nicht ins Netz eingespeist werden kann. Schon das schaffe einen Speichermarkt.

Ähnlich sieht das Siemens. Fördergelder habe eine Elektrolyse-Anlage nicht unbedingt nötig, sagt die für das junge Geschäftsfeld verantwortliche Siemens-Managerin Gaelle Hotellier. *Die Mainzer Anlage arbeite wirtschaftlich und sei auf minimal zehn Jahre Laufzeit ausgelegt.* Faire Rahmenbedingungen vorausgesetzt, könne die Technik am Markt bestehen. Investoren warteten derzeit auf verbindliche Signale der Politik zur Energiewende. Steuervorteile für grüne Innovationen wie Elektrolyseanlagen könnten der Energiewende den nötigen Antrieb verschaffen.

WASSERELEKTROLYSE

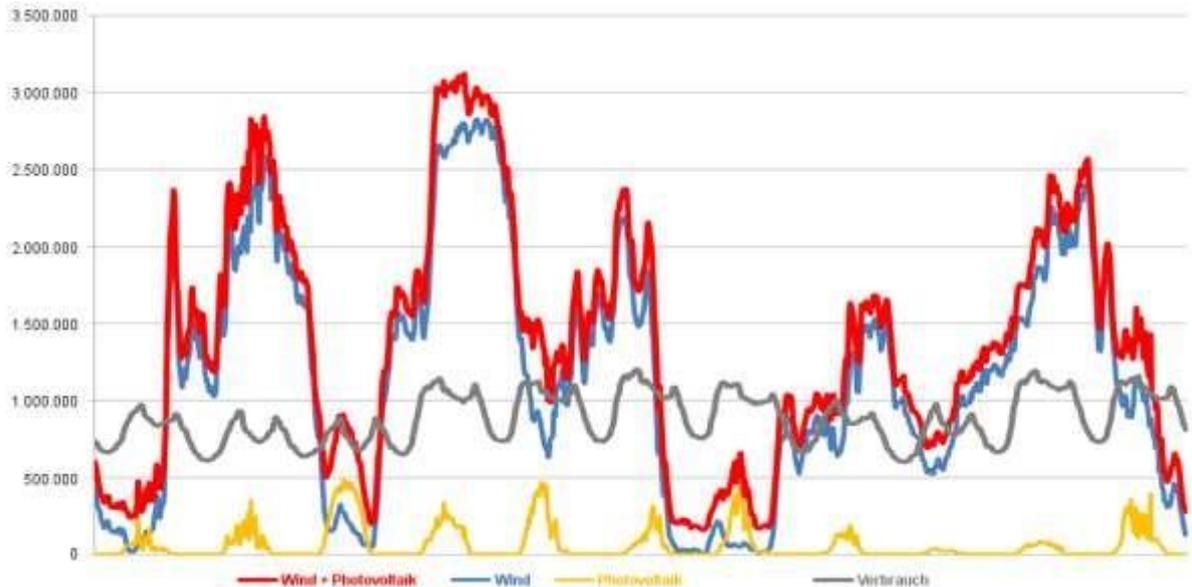
Das Prinzip ist einfach. Mithilfe von Strom kann man Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff aufspalten. Im großen Maßstab ist das aber nicht so einfach. Man benötigt große Mengen Strom. Wenn der Test von Siemens und Linde von Erfolg gekrönt ist, könnte auf Dauer ausreichend Wasserstoff verfügbar sein, um beispielsweise Autos mit Elektromotor auf die Straße zu bringen, die nicht von einer schwachen Batterie abhängen, sondern eine Brennstoffzelle nutzen, in der Wasserstoff mit Sauerstoff reagiert, wodurch Strom erzeugt wird und als Abfallprodukt Wasser – also genau der umgekehrte

Prozess, der jetzt in Mainz erprobt wird.

Pilotanlage zur Produktion von erneuerbarem Wasserstoff

<http://bit.ly/1NTcGkG>

Video: <https://youtu.be/ungjcTDGQI>



Vorhersage der Fluktuation in der Erzeugung von erneuerbarer Energie und dem Verbrauch an elf aufeinanderfolgenden ‚fiktiven‘ Tagen. Quelle: EVN Group – Prognose 2020 für Niederösterreich (Last in kW)

Das wind2hydrogen-Projekt zielt darauf ab, erneuerbaren Strom in Wasserstoff umzuwandeln, zu speichern, ins Erdgasnetz einzuspeisen oder als hochreinen Wasserstoff für die Mobilität zu nutzen. Die eigens dafür errichtete Anlage ist die erste Power-to-Gas-Pilotanlage in Österreich und befindet sich am OMV Standort in Auersthal (Niederösterreich). Der für dieses Projekt entwickelte, flexible Hochdruck-Elektrolyseur (Wasser wird hier mittels erneuerbaren Stroms zu Wasserstoff und Sauerstoff gespalten; gleichzeitig wird Wasserstoff komprimiert) ist ebenfalls nur in dieser Pilotanlage zu finden, und das europaweit. Die Erzeugung des hier verwendeten, erneuerbaren Wasserstoffs erfolgt mittels Windstrom, weshalb hier weder bei der Produktion noch bei der Nutzung des Wasserstoffs CO₂ oder sonstige Schadstoffe freigesetzt werden.

Die OMV ist in diesem wind2hydrogen-Projekt Teil eines Konsortiums, das aus EVN, FRONIUS, HyCentA und dem Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz besteht. Gemeinsam testen die Projektpartner technisch und genehmigungsrechtlich, wie eine optimale Einspeisung des erneuerbaren Wasserstoffs in das Erdgasnetz erfolgen kann und die Abfüllung und Verwendung von Wasserstoff in der Mobilität im Idealfall funktioniert.

Die darüber hinaus durchgeführten rechtlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Bewertungen dienen ebenfalls als Vorbereitung für den geplanten Rollout. Sämtliche Optionen von Geschäftsmodellen, die mit diesem zukunftsweisenden Verfahren ermöglicht werden, sind Teil der Untersuchungen. Der hier erzeugte, erneuerbare Wasserstoff, wird – nachdem er die projekteigene Test-Pipeline passiert hat - direkt in das Hochdrucknetz der OMV Kompressorstation Auersthal eingespeist.

Aufgrund der extremen Mengenunterschiede - es handelt sich um eine Forschungsanlage - liegt die Wasserstoffkonzentration derzeit unter der Nachweisgrenze. Durch die Einspeisung in die Erdgasleitung können Regelungstechnik und Qualitätskontrollen optimiert werden. Ziel ist, die Wasserstofftoleranz der Erdgasinfrastruktur des Transit- und Verteilernetzes sowie die Speicherkapazität für Wasserstoff im österreichischen Erdgasnetz zu untersuchen.

Jener Teil, der nicht in das bestehende Erdgasnetz gelangt, wird in der Pilotanlage komprimiert (rund 200 bar, vergleichbar mit dem Druck in Taucherflaschen) und in Flaschen abgefüllt. Dieser hochreine Wasserstoff wird direkt an die bereits vorhandenen OMV Wasserstofftankstellen geliefert aber auch für andere OMV Forschungsprojekte zur Verfügung gestellt.

Sonnenenergie als Gas speichern, 13. Februar 2015

<http://www.srf.ch/wissen/technik/sonnenenergie-als-gas-speichern>



Wie speichert man Wind- und Solarstrom am besten? Das ist eine der zentralen Fragen bei der Energiewende. Markus Friedl, Leiter des Instituts für Energietechnik an der Hochschule Rapperswil, hat eine Antwort. Man stellt mit elektrischem Strom Methan her und speichert es im Erdgasnetz.

«Power-to-Gas» – so heisst die Technologie, mit der man überschüssigen elektrischen Strom in speicherbares Methan-Gas umwandeln kann. Forscher der Hochschule Rapperswil demonstrieren heute Schweizer Fachleuten und den Medien eine Pilot-Anlage.

Das Verfahren ist so einfach wie genial. Man nehme die drei Bestandteile Sonnen- oder Windenergie, Wasser und Kohlendioxid (CO₂). Daraus stellt man in einem zweistufigen Prozess Methan her. Zuerst trennt der elektrische Strom Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff auf. Dann lässt man den Wasserstoff mit CO₂ reagieren, es entsteht synthetisches Methan.

Das Gas kann man dann in die bestehende Erdgas-Infrastruktur einspeisen, denn Erdgas besteht zum grössten Teil aus Methan. Es lässt sich problemlos über Monate speichern und als Treibstoff oder zum Heizen verwenden – und kann so eines der grossen Probleme bei der Energiewende lösen helfen: die Speicherung von elektrischer Energie.

Die Energiewende verlangt nach Stromspeichern

Für Markus Friedl, Leiter des Instituts für Energietechnik an der Hochschule Rapperswil, gibt es keinen Weg an der Energiewende vorbei: «Unsere fossilen Energieträger sind beschränkt, die Atomkraftwerke stellen wir früher oder später ab. Da müssen wir ganz auf erneuerbare Energien setzen.» Das grosse Problem bei den heute wichtigsten Quellen Sonne und Wind ist, dass sie nicht dann anfallen, wenn am meisten elektrischer Strom gebraucht wird. Das heisst: Es braucht Speichermöglichkeiten, und zwar zusätzlich zu Batterien/Akkus oder Pumpspeicher-Kraftwerken.

Methan als Treibstoff für Erdgas-Autos

Markus Friedl hat gehandelt. Mit der neu installierten Pilot-Anlage will er das Know-how in der Schweiz bekannt machen und mit verschiedenen Partnern weiterentwickeln.

Die Technologie stammt aus Deutschland. Die Firma «EtoGas» aus Stuttgart hat bereits eine erste industrielle Anlage gebaut, im Auftrag des Autoherstellers Audi. Sie steht in Werlte in Norddeutschland. Mit dem synthetischen Methan aus dieser 6-Megawatt-Anlage können Erdgas-Autos pro Jahr rund 20 Millionen Kilometer zurücklegen.

In der Schweiz ist man noch nicht so weit. Das Ziel von Friedl ist aber, dass bis 2017 mindestens eine Power-to-Gas-Anlage mit einer Leistung von einem Megawatt erstellt wird. Das würde für fünfzig Tankfüllungen mit synthetischem Methan pro Tag reichen.

Die Vision vom geschlossenen CO₂-Kreislauf

Was das Power-to-Gas-Verfahren zusätzlich attraktiv macht: Das CO₂, das für die Produktion des Methans benötigt wird, kann man direkt aus der Luft herausfiltern. Die Technologie wurde vom Zürcher Start-up-Unternehmen «Climeworks AG» entwickelt, einem der Partner der Rapperswiler Ingenieure.

Die Zürcher Jungunternehmer sind gerade daran, erste CO₂-Filter in industriellem Massstab zu bauen. Diese Zusammenarbeit könnte in Zukunft einen geschlossenen CO₂-Kreislauf ermöglichen. Das klimaschädigende Kohlendioxid, das die Erdgas-Autos ausstossen, kann der Luft wieder entzogen und für die Produktion des Treibstoffs Methan verwendet werden. Zwar sind Benzin oder natürliches Erdgas aus der Pipeline noch weit billiger als das synthetische Methan. Doch für Markus Friedl ist Power-to-Gas kombiniert mit CO₂ aus der Luft eine realistische Alternative: «Wenn die fossilen

Energieträger teurer werden, dann wird die Produktion von erneuerbarem Methan eine attraktive Alternative.»

Wie intensiv an diversen Möglichkeiten geforscht wird überschüssige Energie auch langfristig zu speichern, soll u.a. diese Projektkarte zeigen:

Pilotprojekte

http://www.powertogas.info/roadmap/pilotprojekte-im-ueberblick/?no_cache=1



Großspeicher in Betrieb genommen, 19.10.2015

[http://forschung-](http://forschung-energiespeicher.info/aktuelles/aktuelleseinzelsicht/2/Grossspeicher_in_Betrieb_genommen/)

[energiespeicher.info/aktuelles/aktuelleseinzelsicht/2/Grossspeicher_in_Betrieb_genommen/](http://forschung-energiespeicher.info/aktuelles/aktuelleseinzelsicht/2/Grossspeicher_in_Betrieb_genommen/)



Im Projekt Smart Power Flow erproben Wissenschaftler den Einsatz einer großen Vanadium-RedoxFlow-Batterie in einem lokalen Niederspannungsnetz. Vor kurzem wurde der Ortsspeicher im Bayerischen Tussenhausen in Betrieb genommen.

Der Umbau der Energieversorgung in Deutschland hat große Auswirkungen auf die regionalen Stromnetze. Ursprünglich waren die Netze zum Verteilen des Stroms angelegt. Heute sammeln sie in Bayerisch-Schwaben auch immer mehr Strom aus den zahlreichen Photovoltaik-Anlagen ein.

Im lokalen Niederspannungsnetz von LEW Verteilnetz untersuchen Forscher im Projekt Smart Power Flow, wie eine Vanadium-Redox-Flow-Batterie als Großspeicher das Stromnetz entlasten hilft. Der Batteriespeicher soll das regionale Stromnetz unterstützen und entlasten. Er ist der bislang größte Speicher seiner Art in Bayern. An dem Pilotprojekt sind neben der LVN auch das Reiner Lemoine Institut, SMA Solar Technology und der Speicherpionier Younicos beteiligt.

Der neue Ortsspeicher soll den überschüssigen Strom aus erneuerbaren Energien lokal zwischenspeichern und später bei Bedarf wieder ins Ortsnetz abgeben. Der Batteriespeicher soll so einen effizienten, lokalen Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch schaffen. Die Wissenschaftler untersuchen, inwiefern ein regionaler Netzausbau durch den Einsatz von Batteriespeichern vermieden werden kann. Der Ortsspeicher unterstützt die lokale Spannungshaltung, sodass zukünftige Netzausbaukosten minimiert und die Aufnahmefähigkeit des Verteilnetzes für erneuerbare Energien

maximiert wird. Außerdem möchten die Projektpartner mit dem Ortsspeicher verschiedene Betriebs- und Vermarktungsweisen erproben, wie beispielsweise Spannungshaltung, Frequenzregelung, Blindleistungsmanagement und die Teilnahme am Regelenergiemarkt.

Vorteile von Vanadium-Redox-Flow

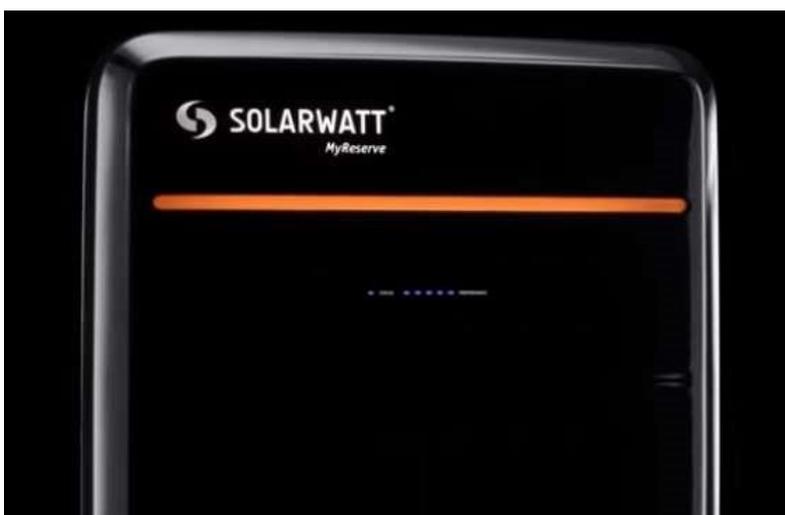
Als Standort für den Ortsspeicher wurde die Marktgemeinde Tussenhausen im Landkreis Unterallgäu aus 80 möglichen Orten ausgewählt. Zum einen speisen im Ortsnetz mehrere Photovoltaik-Anlagen Strom mit einer Leistung von maximal 560 Kilowatt ein. Zum anderen ist ein entsprechend großer Ortsnetztransformator vorhanden. Mit einer Leistung von 200 Kilowatt und einer Kapazität von 400 Kilowattstunden ist der Ortsspeicher der größte seiner Art. Dabei speichert die Batterie die elektrische Energie in Form von flüssigen Elektrolyten.

Eine Vanadium-Redox-Flow-Batterie bietet zahlreiche Vorteile: Sie verfügt über eine hohe Lebensdauer, hat nahezu unbegrenzte Ladezyklen und kann ohne Probleme komplett entladen werden. Die Batteriekapazität ist dank ihres modularen Aufbaus beliebig erweiterbar und muss außerdem kaum gewartet werden. Der Großspeicher ist besonders für den Einsatz als Quartierspeicher oder für Industrie und Gewerbe geeignet. So könnten in Zukunft beispielsweise Gemeinden, große Unternehmen, Gewerbekunden oder landwirtschaftliche Betriebe einen solchen Speicher nutzen, um ihren Eigenverbrauch zu erhöhen oder am Regelenergiemarkt teilzunehmen.

MyReserve

<http://www.solarwatt.de/speicher/>

Video: <https://youtu.be/-FBjzNqQlol>



Mit diesen Vorteilen wird Solarenergie endlich lukrativ:

Ab 5.499 Euro UVP Bruttoendkundenpreis*

Erweiterbar bis 11 kWh

93 % Gesamtwirkungsgrad

Geprüfte Sicherheit

Plug&Play-Installation

Passt zu jeder Anlage

So funktioniert's: Die interne Steuereinheit lädt und entlädt die Batteriemodule automatisch. Die dafür notwendigen Informationen erhält die Steuereinheit vom AC-Sensor. Dieser Sensor ist im Hausanschlusskasten installiert und misst den Stromverbrauch und die Einspeisung überschüssiger Energie in das öffentliche Netz. Stellt der Sensor fest, dass mehr Solarstrom zur Verfügung steht als gerade verbraucht wird, dann wird MyReserve geladen. Erst wenn alle Batteriemodule vollgeladen sind und kein Verbraucher im Haushalt mehr Solarstrom benötigt, wird die Restmenge Solarstrom ins öffentliche Stromnetz eingespeist.

ASD HYBRID

<http://www.asd-sonnenspeicher.de/asd-hybrid/>



Maximale Netz-Unabhängigkeit

- *Bis zu 90 % reduzierter Netzbezug*
- *Optimale Ausnutzung des selbst erzeugten Stroms*
- *Generatoren unabhängiges, zukunftsweisendes System mit maximaler Flexibilität □*

Eigensichere und selbstüberwachende Technologie

*Der ASD HYBRID® mit innovativen LiFePO4-Akkus (**Lithium-Eisenphosphat-Akku**) bietet Ihnen ein unabhängiges Energiemanagement: Der Wirkungsgrad von bis zu 97 % liegt deutlich über dem von handelsüblichen Blei-Akkus, Sie profitieren von über 5.000 Ladezyklen und einem hervorragenden Temperaturspektrum von -20 °C bis +55 °C.*

Selbst erzeugter Strom rechnet sich für Sie erst richtig, wenn Sie die gewonnene Energie perfekt speichern und damit optimal nutzen können. Der Großteil Ihres Stroms wird tagsüber produziert: In dieser Zeit brauchen Sie ihn aber oft gar nicht und er fließt ins öffentliche Netz ab. Über das intelligente Strom-Management mit dem ASD HYBRID® erzielen Sie eine maximale Ausnutzung Ihrer eigenen Stromquellen.

Tesla Powerwall

http://www.teslamotors.com/de_AT/POWERWALL



Energiespeicher für einen nachhaltigen Haushalt

Die Powerwall ist der ultimative Stromspeicher für die Energiewende zu Hause. Sie funktioniert wie ein Akku, um Solarstrom oder günstigen Nachtstrom zu speichern und ihn abzugeben, wenn Sie ihn benötigen z. B. abends. Voll automatisch, kompakt und einfach zu installieren - mit der Powerwall können Sie den Eigenverbrauch aus Ihrer Solarstromanlage maximieren.

...

Kapazität

Die Powerwall wird in zwei Versionen angeboten: eine für einen 7 kWh-Tageszyklus und eine für den 10 kWh-Wochenzyklus. Beide kommen mit 10 Jahren Garantie und bieten ausreichend Kapazität, um die meisten Privathaushalte während Spitzenlastzeiten mit selbsterzeugtem Strom zu versorgen. Für Privathaushalte mit höherem Energiebedarf können 10 kWh-Powerwalls für eine Gesamtkapazität von bis zu 90 kWh in Reihe geschaltet werden. Bei den 7 kWh-Stromspeichern ist eine Reihenschaltung für eine Gesamtkapazität von bis zu 63 kWh möglich.

Wie es funktioniert

Private Solaranlagen bestehen aus Solarpaneelen, einem Wechselrichter und jetzt einem Stromspeichersystem, um die überschüssige Sonnenenergie für späteren Bedarf nutzen zu können.

- **Solarpaneel** Die Solarpaneele, die meist auf dem Dach angeordnet sind, wandeln das Sonnenlicht in Elektrizität um.
- **Stromspeichersystem** Die Powerwall speichert den Strom von Ihren Solarpaneelen oder günstigen Nachtstrom aus dem öffentlichen Stromnetz.

- **Wechselrichter** Verwandelt den Gleichstrom von Solarpaneelen oder einem Stromspeichersystem in Wechselstrom, der von den Elektrogeräten, Lampen usw. in Ihrem Haushalt benötigt wird.

Die Powerwall, deren Gehäuse für Innen- oder Außengebrauch konzipiert ist, beinhaltet einen aufladbaren Lithium-Ionen-Akkumulator (Akku), eine computergesteuerte Flüssigkeitskühlung, das AkkuManagementsystem und einen intelligenten DC-DC-Gleichrichter, um einen stabilen Stromfluss zu gewährleisten.

Abgesehen von diversen Batterien existieren diverse Kombinationen aus Solarkraft und Latentwärmespeicher, die überschüssige Energie zur Speicherung von Wärme nutzen:

Latentwärmespeicher

http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Heizung-Latentwaermespeicher_2359077.html

Für Solar- und Wärmepumpenheizungen

Selbst bei hochgedämmten Wasserspeichern ist die Speicherkapazität nach ein bis zwei Tagen abgelaufen. Dabei wäre es für thermische Solaranlagen optimal, die Wärme aus sonnenreichen Tagen bis in den Winter retten zu können. Latentwärmespeicher schaffen das, sie können Wärme viel länger als Wasser speichern und das bei einem viel geringeren Platzbedarf.

Latentwärmespeicher sind mit [PCM](#) (engl. phase change material, deutsch Phasenwechselmaterial) gefüllt. Sie nutzen den physikalischen Effekt des Phasenwechsels eines Speichermediums wie Salzhydrat oder Paraffin: Ändert dieses seinen Aggregatzustand, zum Beispiel von fest nach flüssig, muss es Wärme aufnehmen. Dabei bleibt die [latente Wärme](#) (die im Phasenübergang zugeführte Energie) im Stoff gebunden. Durch physikalische Einwirkung kann diese im Speichermedium gebundene Energie auch nach einem längeren Zeitraum wieder freigesetzt werden. Aus diesem Grund besitzen Latentwärmespeicher eine viel höhere Speicherkapazität als Wasserspeicher und können Wärme fast verlustfrei speichern. Probleme bereiten derzeit noch das Be- und Entladen der Speicher und der definierte Temperaturbereich, in dem dies geschehen muss. Einige Hersteller bieten bereits marktreife Latentwärmespeicher an, die aber sehr kostenintensiv sind. Erhältlich sind:

Solar-Eis-Speicher (Kombinierte Wärmepumpen-Solaranlage)

Das System besteht aus Luftkollektoren, [Wärmepumpe](#), Warmwasserspeicher und Eisspeicher. Der befindet sich ähnlich wie eine Regenwasserzisterne unter dem Gebäude im Erdreich. Der Eislatentspeicher kann die Abwärme aus einem Wärmepumpenprozess über Monate hinweg fast verlustfrei speichern. Ermöglicht wird dies durch eine spezielle Anordnung von Wärmetauschern in Verbindung mit einem ausgeklügelten Lade- und Entladesystem.

In der warmen Jahreszeit wird im Eisspeicher überschüssige Sonnenenergie in großvolumigen Wassermengen auf niedrigem Temperaturniveau gespeichert. In der kälteren Saison wird die Wärme dem unterirdischen Speicher entzogen und über die Wärmepumpe dem Warmwasserspeicher und dem Heizsystem zugeführt. Beim kontrollierten Phasenübergang von Wasser zu Eis werden dabei große Mengen an Kristallisationsenergie freigesetzt. Das Eis kann im folgenden Sommer zur kostenlosen Kühlung verwendet werden.

Paraffinwärmespeicher

Paraffinwärmespeicher besitzen Kunststoffrohre, die mit Paraffin gefüllt sind, einen dämmenden Kasten sowie isolierenden Kies. Durch die Rohre verlaufen die Leitungen für Heizung und Warmwasser. Gegenüber Wasserspeichern besitzen Paraffinspeicher die fünffache Speicherkapazität bei einem Drittel des Platzbedarfs.

Thermobatterie mit Salz

Diese Latentwärmespeicherart nutzt Natriumacetat, das Natriumsalz der Essigsäure, als Speichermedium. Die mit dem Salz gefüllten Speicherbaugruppen aus Edelstahl, auch Cluster genannt, sind mit Rohren, Ventilen und einer elektronischen Steuerung gekoppelt. Das System basiert auf dem Phasenwechsel bei rund 60°C von festem Natriumacetat zum flüssigen Zustand.

Der Speicher nutzt darüber hinaus ein zweites physikalisches Phänomen, das der „unterkühlten Schmelze“. Dabei bleibt das Speichermedium unter bestimmten Bedingungen auch dann flüssig, wenn es wieder unter den Schmelzpunkt abkühlt. So ist es möglich, dass bis zu zwei Drittel der zugeführten Wärme aus einer Solarthermieanlage im Phasenübergang fest/flüssig im Cluster gebunden wird. Wenn die Wärme aus dem Kollektorkreislauf das Salz in der Cluster-Röhre zum Schmelzen gebracht hat, kann die Thermobatterie die latente Wärme zeitlich unbegrenzt und verlustfrei speichern. Über einen Schaltimpuls eines Metallplättchens kann sie für die Heizung dann bei Bedarf auch Monate später abgerufen werden.

Die Schutzrechtssituation

Aus rechtlichen Gründen ist uns zu den Schutzrechten nur eine Meinungsäußerung erlaubt, sodass insbesondere für eine geplante Schutzrechtsanmeldung unbedingt Patentanwälte aufgesucht werden sollten, welche anhand bestehender Schutzrechte entscheiden können, ob ein Schutzrecht Sinn macht oder nicht. Unsere Empfehlung stellt hauptsächlich eine Meinungsäußerung aus der Sicht des Verwerter unter Berücksichtigung einer Schutzrechtsrecherche und den dabei gefundenen Schutzrechten dar.

Zusätzlich zu den recherchierten Produkten haben wir internationale Patent-Datenbanken durchsucht, um Schutzrechte zu identifizieren, welche sich mit der erfindungsgemäßen Idee befassen oder ähnliche und verwandte Erfindungen bzw. Ideen schützen. Dabei kann keine Garantie gegeben werden, dass ein Schutzrecht, welches von uns nicht gefunden wurde, nicht doch irgendwo weltweit existiert.

Bei der Schutzrechtsrecherche sind uns zahlreiche Dokumente aufgefallen, die mit Druckluftspeichern arbeiten, die Art wie Energie erzeugt wird ist hierbei unterschiedlich.

Insofern bestehen hier bereits zahlreiche Schutzrechte für verschiedene Ausführungen.

Die gefundenen Schutzrechte könnten die Umsetzung des erfindungsgemäßen Konzeptes deutlich erschweren, da sich bereits andere Erfinder damit beschäftigt haben.

Da wir als Patentverwerter lediglich zu einer Meinungsäußerung befähigt sind, empfehlen wir bei Bedarf eine Patentanwaltskanzlei zu kontaktieren. Gerne nennen wir Ihnen einen Patentanwalt, mit dem wir zusammenarbeiten.

Prinzipiell ist anzumerken, dass sich die Recherche durchaus schwierig gestaltet. Varianten von Konkurrenzprodukten finden in den unterschiedlichsten Bereichen Anwendung. Somit gibt es zwar einerseits eine Fülle an Schutzrechten, die sich mit denselben beschäftigen, andererseits jedoch betreffen dabei nicht alle den Bereich des erfindungsgemäßen Problems direkt. Dies ist insofern schwierig, als auch solche Systeme durchaus eine Schutzrechtsanmeldung erschweren könnten.

Für die erfindungsgemäße Problemlösung können unter anderem folgenden IPC-Klassen von Bedeutung sein:

- F01K 25/02 Anlagen oder Kraftmaschinen für besondere Arbeitsfluide, soweit nicht anderweitig vorgesehen; Anlagen mit geschlossenen Kreisläufen, soweit nicht anderweitig vorgesehen ... mit flüssigem Arbeitsfluid
- F03B 9/00 Kraft- und Arbeitsmaschinen oder Kraftmaschinen mit endloser Kette
- F03B 17/02 Andere Kraft- und Arbeitsmaschinen oder Kraftmaschinen ... mit hydrostatischem Druck
- F25B 25/00 Maschinen, Anlagen oder Verfahren mit einer Kombination von Arbeitsweisen, die von mindestens zwei der Gruppen F25B 1/00 – F25B 23/00 umfasst sind

Unter IPC Klassen versteht man folgendes:

„Die Internationale Patentklassifikation (IPC) dient der Klassifikation technischer Sachverhalte und bildet sämtliche Gebiete der Technik ab. Sie wird seit 1975 für die Klassifikation von Patenten und Gebrauchsmustern verwendet.

Über 100 Patentbehörden weltweit klassifizieren nach der IPC, so auch das Europäische Patentamt und die Weltorganisation für Geistiges Eigentum.“

(<http://www.dpma.de/service/klassifikationen/ipc/index.html>)

Schutzrechte

Nachfolgende Schutzrechtsschriften besitzen gewisse Ähnlichkeiten zur Erfindung. Die detaillierten Schutzrechtsschriften und verwandte Dokumente befinden sich im Anhang.

Power generation system utilizing buoyant chamber

Schutzrechtsnummer: US 8 813 488 B2

Schutzrechtinhaber: Mark Gibson, Kennedy Ferguson, Donald Briggs

Anmeldetag: 23.06.2010

Schutzrechtsart und Rechtsstatus: Patent, in Kraft

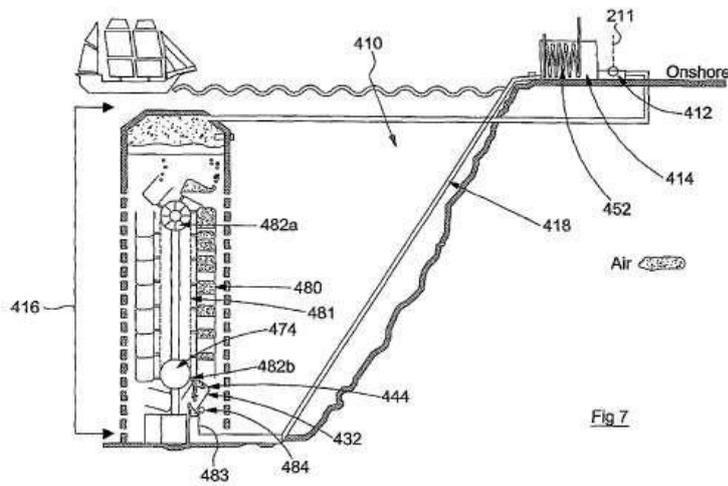
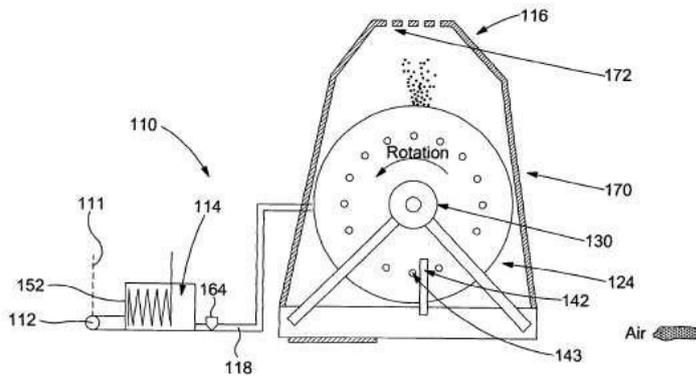


Fig 7



In an embodiment of the invention a power generation system is provided which harnesses the effect of buoyancy to drive an apparatus output device, for example, rotate a shaft. This output can be utilized to generate electricity. By driving the apparatus from a reservoir of compressed gas, the output can be made continuous. Most advantageously, a non-continuous supply of electricity can be used to compress the gas and fill the reservoir and, if the reservoir is suitably large, a continuous supply of electricity can be generated from a non-continuous source of electricity. Furthermore, use of a reservoir allows electricity generated by intermittent renewable sources to be used, when available, to build up a body of gas in the reservoir, effectively storing the energy produced by intermittent renewable source. The stored gas can be used to create electricity as and when required.

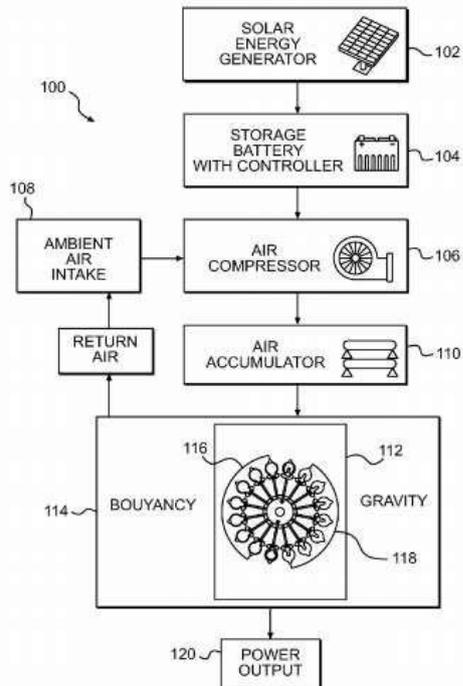
Multi-source passive energy power generation

Schutzrechtsnummer: US 9 160 212 B2

Schutzrechtinhaber: Byron A McCoy

Anmeldetag: 26.04.2012

Schutzrechtsart und Rechtsstatus: Patent, in Kraft



A multi-source passive energy power generation system that includes use of solar radiation to drive an air compressor and compressed air is then delivered to a power wheel positioned within a fluid tank. The air pressure is delivered to air chambers mounted upon tubular spokes of the power wheel and buoyancy force is used to drive rotation of the power wheel within the fluid tank. In some embodiments weights are added to translate along the tubular spokes under the guidance of cam surfaces to a rotational force to the power wheel from the force of gravity.

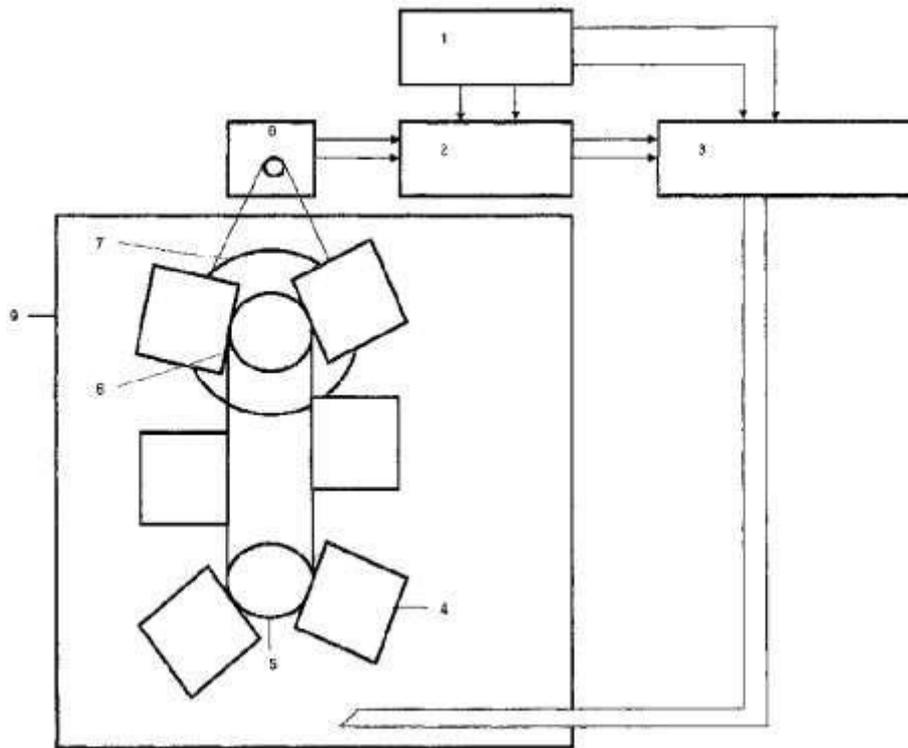
Luftmotor zur Erzeugung von Energie

Schutzrechtsnummer: CH 701 323 A2

Schutzrechtinhaber: Remo Zraggen

Anmeldetag: 16.06.2009

Schutzrechtsart und Rechtsstatus: Patent, zurückgewiesen



Der Solarstrom, Windenergie 1 wird auf einer Batterie 2 gespeichert. Die Batterie 2 treibt einen Kompressor 3 an. Die erzeugte Luft wird unten in einen Flüssigkeitsbehälter 9 eingeblasen. Die Leitung endet unter einem Luftbehälter 4. Der Luftbehälter 4 ist auf dieser Seite unten offen. Der Luftdruck muss höher sein als der Wasserdruck. Die Luftbehälter 4 sind untereinander verbunden. (z.B. mit Kette, Zahnriemen, Keilriemen usw.) Die Kette verbindet das untere Ritzel 5 mit dem oberen Ritzel 6. Je größer die Durchmesser, umso größer das Drehmoment. Durch die Luft werden die Luftbehälter 4 nach oben gedrückt. Oben am Ritzel 6 Durchmesser entweicht die Luft. Das obere Ritzel 6 ist mit einem Antriebsrad 7 starr verbunden. Durch die Größe des Antriebsrades 7 lassen sich Drehmoment und Drehzahl variieren. Das Antriebsrad 7 treibt einen Generator 8 oder Alternator an. Der sepist wiederum die Batterie 2. Die Wärme des Kompressors 3, der Batterie 2, des Generators 8 können mit einem Wärmetauscher genutzt werden. Die Kälte vom luftgekühlten Wasser ebenso. Bei schlechter Sonneneinstrahlung kann die Batterie 2 übers Netz geladen werden.

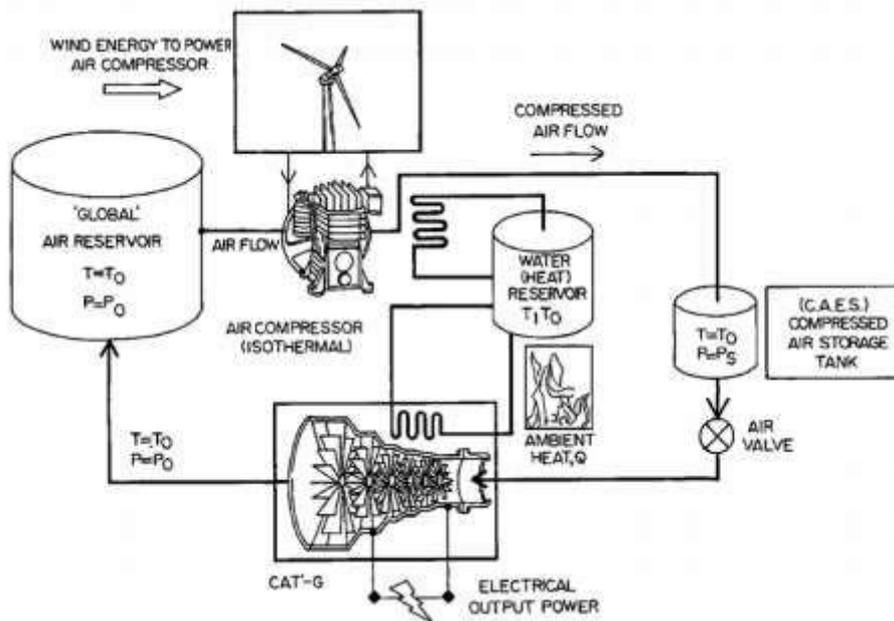
Power generation directly from compressed air for exploiting wind and solar power

Schutzrechtenummer: US 8 347 628 B2

Schutzrechtinhaber: Henry M. Gerard

Anmeldetag: 19.05.2010

Schutzrechtsart und Rechtsstatus: Patent, in Kraft



This invention relates to a Compressed Air Turbine-Generator that will enable the ability to manage energy gathered from ecologically friendly sources, such as solar or wind power. The focus herein is on a new technology that efficiently converts the energy stored in compressed air directly into electrical power without producing greenhouse gases or other pollutants.

The overall design challenge is to optimize the air flow, the heat exchange, the blade size, shape and rotation speed to maximize the overall efficiency of energy recovery.

In summary, the turbine stages cause the air pressure to be stepped down, stage by stage, from the high entry pressure to atmospheric pressure at the outlet. As the air expands, heat is supplied from an ambient temperature reservoir. This increases the air pressure and temperature as necessary for efficient energy recovery.

Statistische Marktdaten

Im Folgenden einige Statistiken zur Situation des relevanten Marktes und zu etwaigen Trends, um weitere Informationen zur Beurteilung der Verwertungsmöglichkeiten Ihrer Erfindung aufzuzeigen.

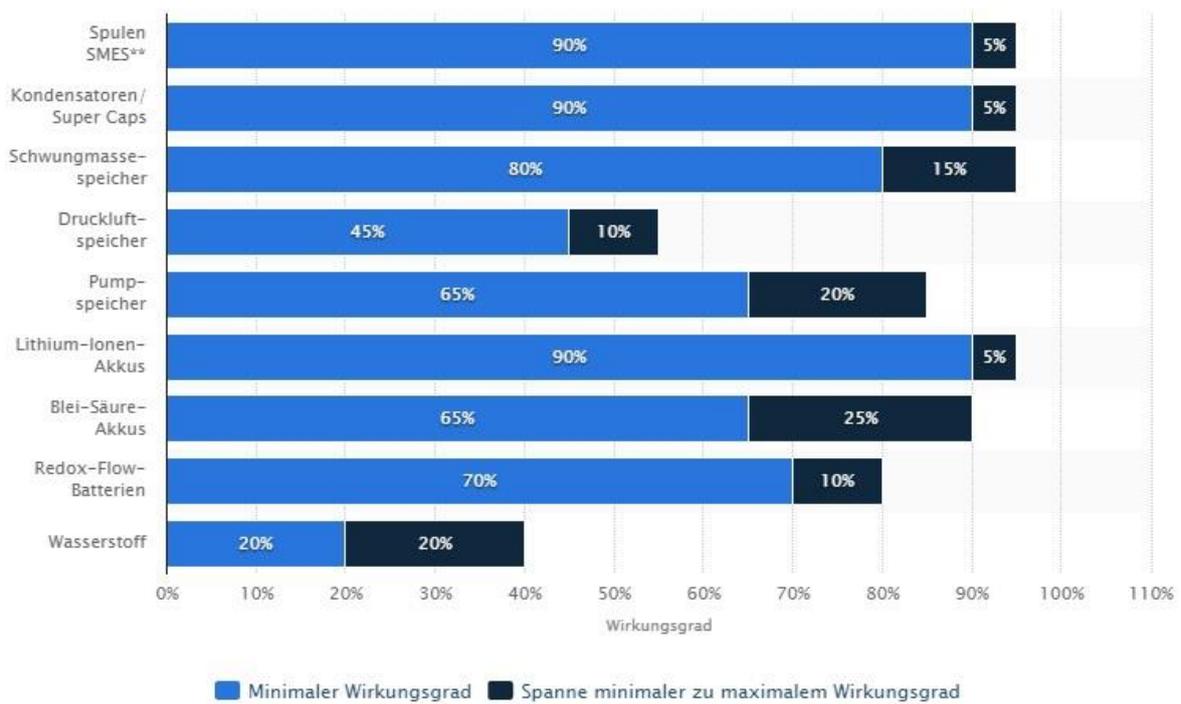
Die dargestellten Grafiken beschäftigen sich mit:

Stromspeicher – Wirkungsgrad

Zu speichernde Stromüberschüsse in Deutschland

Stromspeicher – Wirkungsgrad

Wirkungsgrade* verschiedener Stromspeicher (Stand: November 2009)



© Statista 2015

Weitere Informationen:

Deutschland; Sauer

Quelle:

Agentur für Erneuerbare Energien

Lesehilfe

Die Statistik bildet die minimalen und maximalen Wirkungsgrade verschiedener Stromspeicher sowie die Spanne zwischen den beiden Werten ab.

Hinweise und Anmerkungen

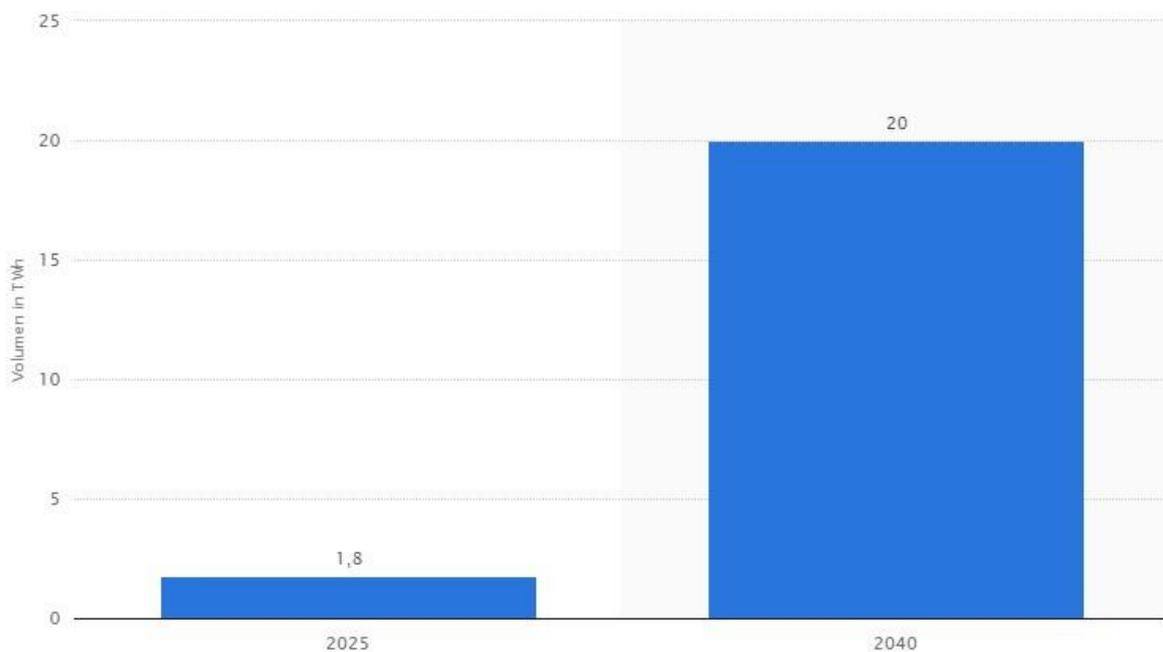
Spulen, Kondensatoren und Schwungmassespeiche zählen laut Quelle zu den Kurzzeitspeichern. Druckluftspeicher und Pumpspeicher zählen zu den Langzeitspeichern. Lithium-Ionen-Akkus, BleiSäure-Akkus und Redox-Flow-Batterien zählen zu den Elektro-Chemischen Speichern.

* Wirkungsgrad = Verhältnis von aufgenommener zu abgegebener Energie.

SMES = Superconducting Magnetic Energy Storage.

Zu speichernde Stromüberschüsse in Deutschland

Volumen der zu speichernden Stromüberschüsse* in Deutschland in den Jahren 2025 und 2040 (in Terawattstunden)



Weitere Informationen:

Deutschland; Deutsche Bank Research

© Statista 2015

Quelle:

Deutsche Bank Research

Lesehilfe

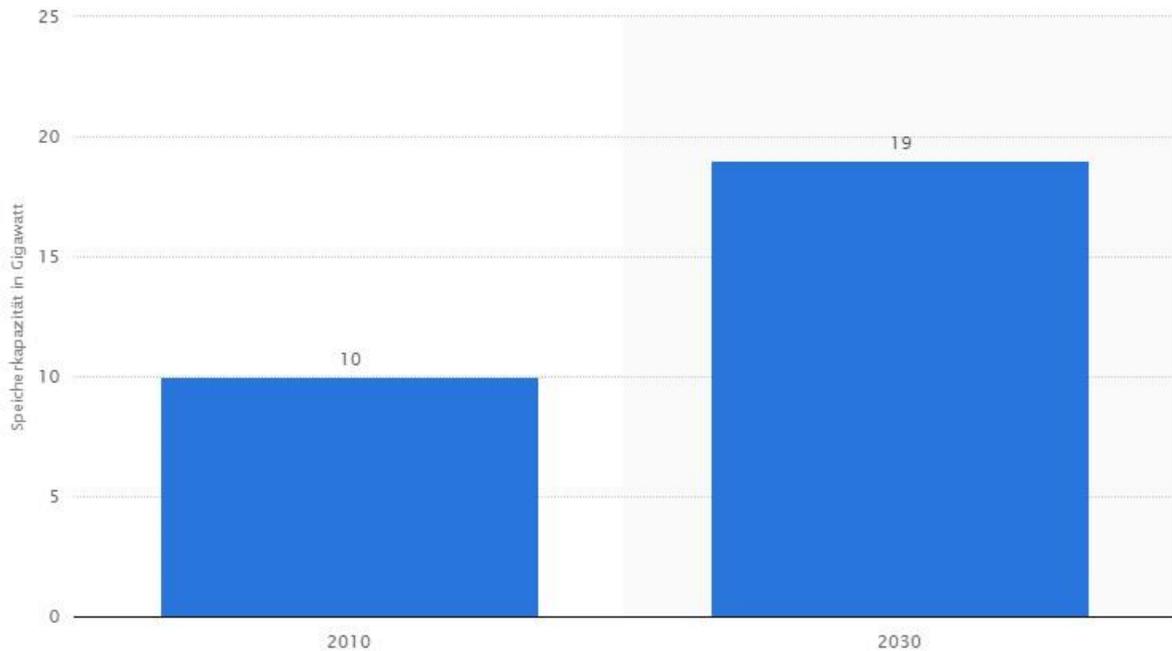
Die vorliegende Statistik zeigt eine Prognose über die zu speichernden Stromüberschüsse in Deutschland in den Jahren 2025 und 2040. Das Volumen der zu speichernden Stromüberschüsse im Jahr 2025 liegt Berechnungen der Deutschen Bank zufolge bei 1,8 Terawattstunden.

Hinweise und Anmerkungen

* Es wird angenommen, dass 50 Prozent aller Stromüberschüsse gespeichert werden. Zudem wird von einem idealisierten Netzausbau ausgegangen, der 100 Prozent der Erneuerbaren Energien im Bundesgebiet übertragen kann.

Stromspeicherkapazität - Prognose für das Jahr 2030

Prognose zur Stromspeicherkapazität im Jahr 2030 in Deutschland (in Gigawatt)



Weitere Informationen:
Deutschland; trend:research

© Statista 2015
Quelle:
trend:research

Lesehilfe

Die Statistik zeigt eine Prognose zur Energie-Speicherkapazität im Jahr 2030 in Deutschland. Im Jahr 2030 liegt laut trend:research die Kapazität von deutschen Stromspeichern bei 19 Gigawatt.

Hinweise und Anmerkungen

Der Wert für 2030 bezieht sich auf das Referenzszenario (Szenario 2). Elektromobilität wird nicht berücksichtigt. Das Ergebnis der Studie wurde u.a. auf Basis von 85 Experteninterviews ermittelt.

Wettbewerber und potenzielle Hersteller

Im folgenden Kapitel finden sich Profile möglicher Wettbewerber und Hersteller zur „Druckluftauftriebsenergiespeicher“-Idee, die bei einer aussichtsreichen Marktanalyse als Kooperationspartner in Frage kommen könnten.

Martin Group AG



Lagerstrasse 30
CH-9470 Buchs

+ 41 81 750 1188 www.martingroup.ch

energy@martingroup.ch

Seit mehr als 5 Jahren haben wir auf dem Weltmarkt nach Produkten gesucht, die die Alternativenenergien (Wind, Wasser) auch im kleinen Bereich, effizient nutzen, und sich auch in kurzer Zeit bezahlt machen. Mehr als 100 Lösungen haben wir weltweit analysiert und auf Effizienz, Qualität und Nachhaltigkeit geprüft. Wir haben festgestellt, dass viele tolle Produkte zum Wohle der Umwelt existieren, aber viele davon entweder noch nicht ausgereift sind, oder sich erst in 20-30 Jahren amortisieren.

Wir sind trotzdem fündig geworden und können unseren Kunden mit Stolz jetzt wirtschaftliche, effiziente Lösungen zur umweltschonenden Energiegewinnung anbieten und dies aus einer Hand.

E.ON SE



E.ON-Platz 1

D-40479 Düsseldorf

+49 2 11 - 45 79 – 0 info@eon.com

<http://www.eon.com/>

Wir arbeiten an der Zukunft der Energieversorgung für unsere Kunden und entwickeln neue Geschäftsfelder. In zwölf Innovation Centern arbeiten die E.ON-Mitarbeiter an innovativen Lösungen.

EnBW Energie Baden-Württemberg AG



Durlacher Allee 93

D-76131 Karlsruhe +49

721 63-00

kontakt@enbw.com

<https://www.enbw.com>

EnBW Energie Baden-Württemberg AG – unser Name verweist auf unsere Wurzeln und unser Engagement. Unsere Vorgängerunternehmen haben vor über einhundert Jahren begonnen, Elektrizität und damit Industrie und Wachstum nach Baden-Württemberg zu bringen. Heute gehören wir zu den größten Energieversorgungsunternehmen in Deutschland und in Europa. Mit rund 20.000 Mitarbeitern versorgen wir 5,5 Millionen Kunden mit Strom, Gas, Wasser und energienahen Produkten und Dienstleistungen.

Siemens Aktiengesellschaft



Wittelsbacherplatz 2 D-80333

München

contact.at@siemens.com

<https://www.cee.siemens.com>

Siemens ist ein weltweit führendes Unternehmen, das entlang der Wertschöpfungskette der Elektrifizierung aufgestellt ist – von der Umwandlung, Verteilung und Anwendung von Energie bis zur medizinischen Bildgebung und In-vitro-Diagnostik. Weltweit aktiv, beschäftigten wir zum 30. September

2014 auf fortgeführter Basis rund 343.000 Mitarbeiter und erwirtschafteten im Geschäftsjahr 2014 Umsatzerlöse in Höhe von rund 71,9 Mrd. € – bei einem Auftragseingang von 78,4 Mrd. €.



Opernplatz 1

D-45128 Essen +49

201 12-00

<http://www.rwe.com/>

RWE ist einer der fünf führenden Strom- und Gasanbieter in Europa. Mit unserem Know-how bei der Förderung von Öl, Gas und Braunkohle, der Stromerzeugung aus Gas, Kohle, Kernkraft und regenerativen Quellen, dem Energiehandel sowie der Verteilung und dem...

Ecofys

ECOFYS

sustainable energy for everyone

Am Wassermann 36

D-50829 Köln

+49 221 270 70 - 110

www.ecofys.de info@ecofys.com

Ecofys ist als internationales Beratungsunternehmen mit Know-how und Innovationskompetenz im Bereich erneuerbarer Energien, Energieeffizienz und Klimawandel tätig. Ecofys bietet Unternehmen, Behörden und anderen Institutionen und Organisationen energie- und klimapolitische Beratung sowie Umsetzungsberatung auf Projektebene. Das Portfolio von Ecofys umfasst professionelle Dienstleistungen von der Forschung über Produktentwicklung bis zum Implementierungsmanagement.

Die Ecofys GmbH mit deutschem Hauptsitz in Köln und Büros in Berlin und Nürnberg beschäftigt rund 50 Mitarbeiter. Die Ecofys GmbH gehört zur Ecofys Gruppe, die international rund 220 Mitarbeiter beschäftigt.

Ökotech GmbH

ökotech gmbh
Ökologie und Technik vereint

Christine-Englerth-Str. 4

D-45665 Recklinghausen +49

23 61 30 22 8-10

www.oekotech-energie.de

info@oekotech-energie.de

Die Firmengruppe Ökotech hat es sich zur Aufgabe gemacht innovative wie auch umweltgerechte Lösungen zur Energieerzeugung zu finden und zu realisieren. Unser Hauptaugenmerk richtet sich dabei auf regenerative Energieträger (z.B. Holz). Besonders möchten wir die spezifischen Branchenlösungen hervorheben. Nicht nur durch die Realisierung neuer umweltschonender Energieanlagen werden unsere Ziele erreicht. Auch die Nutzung bestehender Infrastrukturen durch den Umbau und die Modernisierung bestehender Energieerzeugungsanlagen ist für uns eine Herausforderung und einer unserer Kernkompetenzen.

Wir sind davon überzeugt, dass eine gut funktionierende und wirtschaftliche Energieerzeugung eine Komplettbetrachtung voraussetzt und verstehen uns daher nicht allein als

Dienstleistungsunternehmen, sondern auch als technischer und finanzieller Partner für das gesamte Vorhaben beginnend bei der Projektentwicklung bis zur Inbetriebnahme und die darauf folgende langjährige Betriebsführung.

EmoWa UG& Co. KG



Buchenstr. 12

D- 01097 Dresden

+49 351.8 80 92 07 •

<http://emowa.jimdo.com> info@emowa.eu

Ökologische Stromerzeugung durch bisher ungenutzte natürliche Ressourcen ohne strukturelle und visuelle Beeinträchtigung bestehender Landschaften. Keine Gefahr für Fische und andere Wassertiere. Die FWT findet Ihre Anwendung in vielen Bereichen. Nicht nur Strömungen im Wasser werden in elektrischen Strom umgewandelt, auch Luft- und Gasströmung eignen sich wunderbar.

Bebotec Anlagen-, Mess- und Verfahrenstechnik GmbH



Lange Gasse 134

D-98646 Straufhain +49

30 21460945

www.bebotec.de

info@omros.de

Sie suchen einen Partner, der Ihnen bei der Planung, Vorbereitung und Durchführung Ihres Projektes Unterstützung leistet.

Sebastian Schiffer



Von-Ketteler-Strasse 20

D-33106 Paderborn +49

5251 2022761

www.sebastianschiffer.de

info@sebastianschiffer.de

Juwi Holding AG



Energie-Allee 1

D-55286 Wörrstadt +49

6732 96570

www.juwi.de

info@juwi.de

Im Mix der erneuerbaren Energien lässt sich schon in wenigen Jahren an vielen Orten ein sicheres, umweltfreundliches, von Importen unabhängiges und preisstabiles Energieversorgungssystem aufbauen. Wir wollen dazu beitragen, dass möglichst schnell der Energiebedarf in vielen Regionen rein regenerativ erzeugt wird.

Dies ist möglich mit modernsten Windturbinen und Photovoltaikanlagen, mit nachhaltigen Bioenergie-Projekten und innovativen Technologien zur Effizienzsteigerung. Dieses Ziel wollen wir in enger Zusammenarbeit mit politischen Gremien und Verwaltungen, mit Unternehmen und Verbänden sowie den Bürgern und Bürgerinnen umsetzen.

RETEC – Regenerative Energieanlagen GmbH



Wartburg 1

D-09514 Lengefeld +49

37367 2261

www.retec-d.de

info@retec-d.de

Die RETEC GmbH mit Standort in Lengfeld/Erzgebirge besteht seit 1993 und produziert /installiert Komponenten der regenerativen Energietechnik:

- [Solarthermie](#)
- [Fotovoltaik](#)
- [Reisemobile/Caravan](#)
- [Heizungs-Wärmepumpen](#)
- [Holzheizungen](#)
- [Regenwasseranlagen](#)

Mit dieser Technik bieten wir komfortable Energiekonzeptionen zur ganzjährigen Gebäudeheizung und Warmwassererzeugung die umweltschonend und sparsam zugleich sind.

Unsere Produkte werden deutschlandweit über Fachhändler und im Direktvertrieb angeboten.

AEE – Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE-Dachverband



Feldgasse 19

A-8200 Gleisdorf +43

3112 5886-21

www.aee.at

Die **AEE Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE** wurde 1988 in Gleisdorf, Österreich gegründet. Der unabhängige, gemeinnützige Verein setzt sich für die Förderung des sinnvollen Einsatzes erneuerbarer Energien und der rationellen, nachhaltigen Energienutzung ein. Heute ist die AEE ein **Dachverband** von sechs unabhängigen Organisationen mit Standorten in **Gleisdorf, Villach, Wien, Jenbach** und **Salzburg**.

Printmedien / Zeitschriften

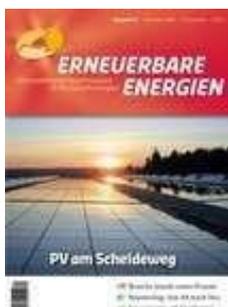
Nachfolgend haben wir Branchenzeitschriften recherchiert, die von inhaltlichem Interesse sein könnten. Diese Medien können als Inspiration für weitere Überlegungen zu Ihrer Idee dienen. Die Zeitschriften und Magazine sind eine Möglichkeit, gleichgesinnte Personen sowie Ideen zu entdecken. Parallel können sie dabei helfen, neue Marktlücken oder Trends zu erkennen und bei einer Adaption der Erfindung dienlich zu sein.

neue energie



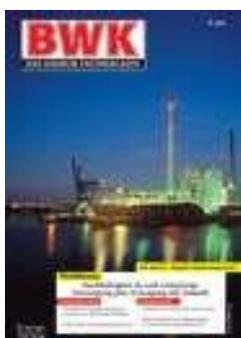
Voller Energie, aktuell und modern! neue energie ist das Medium für energiepolitisch Interessierte und die gesamte Branche rund um die Erneuerbaren: Betreiber, Planungsbüros, Anlagenhersteller, Zulieferer, Anleger und Förderer regenerativer Energien. neue energie setzt den Fokus auf technische Neuheiten und politische Rahmenbedingungen ebenso wie auf Klimaschutz, mehr Lebensqualität und eine nachhaltige Entwicklung in Industrie, Haushalt und Gewerbe. neue energie ist die monatlich erscheinende Mitgliederzeitschrift des Bundesverbandes WindEnergie e.V. (BWE) und hat nach IVWKriterien die mit Abstand höchste Auflage unter allen Titeln im Bereich der erneuerbaren Energien: Im 3. Quartal 2011 wurden 27.500 Exemplare gedruckt und insgesamt 20.715 Hefte verkauft! IVWgeprüft.

ERNEUERBARE ENERGIEN



ERNEUERBARE ENERGIEN informiert durch unabhängigen Journalismus umfassend über die wichtigsten Geschehnisse im Markt der regenerativen Energien. Mit Leidenschaft sind wir stets auf der Suche nach den neuesten Entwicklungen, den findigsten Unternehmen, den klügsten Köpfen der Branche, um unseren Lesern als auch unseren Anzeigenkunden eine professionelle und erfolgreiche Informations- und Verkaufsplattform zu bieten. ERNEUERBARE ENERGIEN ist bundesweit an ausgewählten Kiosken und Bahnhofsbuchhandlungen sowie im Abonnement erhältlich. Regelmäßige Rubriken sind Windenergie, Solarenergie/Photovoltaik, Biomasse, Klimaschutz und Energiepolitik, Energierecht, Wissenschaft und Technik und Wirtschaft.

BWK Das Energie-Fachmagazin



BWK Das Energie-Fachmagazin ☐ Hochkarät ige Informationen aus Energiewirtschaft, Energiepolitik und Energietechnik ☐ Die Zeitschrift verbindet fundierte Berichterstattung mit aktuellen Informationen aus der Branche. Die Themen: Energieerzeugung, -versorgung, -verteilung, Energiehandel, -beschaffung, Informationstechnologien, Energieträger, Energiemanagement

STROMPRAXIS



Fachmagazin für effiziente Energieanwendung in Handwerk, Handel, Industrie und Haushalten. Die inhaltliche Ausrichtung der Strompraxis setzt durchgängig auf effiziente und marktreife

Energieanwendung in Haushalt, Bauwesen, Landwirtschaft und Gewerbe. Zusätzliche Sonderpublikationen der Strompraxis berichten über ausgewählte, beispielhaft effiziente Anwendungstechniken.

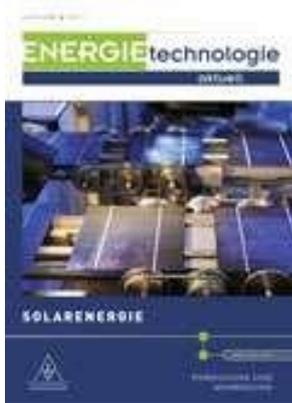
Leserschaft: Energieberater, Energieberatung EVU, Energiegemeinschaften, Elektrohandwerk, Elektrohandel, Ausbaugewerbe, Fachschulen
e:tek



Das [e:tek]-Magazin richtet sich an Anwender und Entscheider der technischen Ausstattung von Anlagen für Erneuerbare Energien. Die Zeitschrift informiert ihre Leser stets aktuell und umfangreich über alle Bereiche rund um Windenergie, Photovoltaik und Solarthermie, Elektromobilität, Biomasse, Geothermie, Wasserkraft. Success-Stories, Interviews, Reportagen und umfangreiche Marktübersichten sowie aktuelle Neuheitenvorstellungen schaffen Markttransparenz im Sinn der Anwender und Entscheider

Der effiziente Umgang mit Energie ist ohne moderne Technik nicht vorstellbar, gleiches gilt für die Energieerzeugung. In Windkraftanlagen, Solaranlagen oder beispielsweise Biomasse-Kraftwerken arbeiten eine Vielzahl elektrotechnischer Komponenten an der erfolgreichen Umsetzung einer großartigen Idee: der umweltverträglichen Erzeugung von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen und unbegrenzt vorhandenen Kräften der Natur.

Energietechnologie aktuell



Nach dem erfolgreichen Start der Magazinreihe »Energietechnologie aktuell« wird eine Neuauflage mit Neuigkeiten aus Forschung, Anwendung und Karriere im Energietechnologiesektor erscheinen. Angeführt wird die Publikationsreihe wieder von der Solarenergieausgabe. Autoren dieser ausgezeichneten Publikation der Spitzenforschung über Entwicklung bis zur Anwendungs- darstellung sind hochkarätige Universitätsprofessoren und Dozenten, sowie hochrangige Vertreter aus Verbänden und Partnerautoren von Firmen aus Industrie, Handel und Handwerk. Neben Forschungsberichten stellen wir insbesondere aktuelle Anwendungsbeispiele vor und deren Vorteile gegenüber dem vorherigen Stand der Technik. Der Erfolg der Solarbranche gründet sich nicht zuletzt auf die Kompetenz der Zulieferindustrie, die mit modernsten Produktionsverfahren die Qualitätsproduktion von Solartechnik sicherstellt. Die ausgezeichnete Ausbildung, die Studierende der Ingenieurwissenschaften an deutschen Hochschulen und Fachhochschulen erhalten, trägt zur besonderen Innovationsfreudigkeit der deutschen Solarindustrie bei. Die Karrieremöglichkeiten dieser forschungs- bzw. praxiserfahrenen Jungingenieure und -ingenierinnen betrachtet das Magazin im Karrierebereich und im integrierten Stellenmarkt. Damit lässt sich das Magazin in drei Kernbereiche unterteilen:

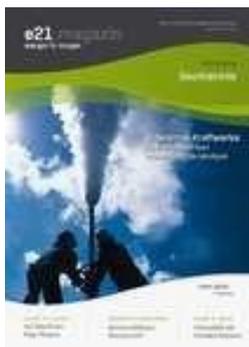
- Forschung & Entwicklung
- Kompetenz & Anwendung • Karriere & Stellenmarkt

**forum. newpower -
Zeitschrift für erneuerbare
Energien**



forum.new power bildet als Fachmagazin die Klammer um den gesamten Bereich der nachwachsenden Rohstoffe für energetische und stoffliche Verwertung - von der Erzeugung, über Verwertungsverfahren bis hin zu den Märkten.

e21.magazin - energie für morgen



Die Fachzeitschrift e21.magazin fokussiert innovative Themen und zukunftssträchtige Entwicklungen im Bereich Energie. Das Spektrum des alle drei Monate erscheinenden Titels umfasst aktuelle Berichte, Features, Kommentare sowie Reportagen über virtuelle Kraftwerke, Smart Grids, Smart Metering sowie Gebäudeoptimierung und -automation. Regelmäßige Fachbeiträge branchenkundiger Spezialisten ergänzen das Angebot.

Fazit und Empfehlung

Produktrecherche

Energie ist in aller Munde, wird ständig gebraucht und ihr Bedarf steigt auch weiterhin. Der Ausbau erneuerbarer Energien soll dabei helfen klimafreundlich Strom zu liefern und gerade den CO₂Ausstoß aufgrund fossiler Energieträger zu reduzieren.

Besonders ungünstig ist dabei der Umstand, dass insbesondere erneuerbare Energiequellen oftmals dann kräftig Strom produzieren (können), wenn die Nachfrage eher gering ist. Doch wohin mit dem Strom?

Sie haben einen ganz richtigen Ansatz indem Sie bislang ungenutzte zur Verfügung stehende Energie, sei es in Form „überschüssiger“ oder günstiger Energie während Nachtstunden, dazu nutzen wollen einen Druckluftspeicher zu füllen um in Zeiten hoher Nachfrage diesen für den Betrieb eines Auftriebskraftwerkes zu nutzen.

Wichtige Details in Ihrer Anordnung sind noch unbeantwortet:

Wird etwa die Wärme, die bei der Erzeugung der Druckluft anfällt, in irgendeiner Form gespeichert?/genutzt?

Auf welche Art werden die Auftriebselemente mit Druckluft versorgt?

Wird die Druckluft direkt unter diese in das Wasser eingespritzt oder sind Zuleitungen gegeben, welche ein direktes Befüllen ermöglichen?

Welcher Generator wird zur Erzeugung von Strom genutzt?

Weitere allgemeine Fragen wie die Dimensionierung und damit eine annäherungsweise Berechnung eines Wirkungsgrades wären beispielsweise natürlich ebenso zu stellen.

Im Zuge der Recherche konnten wir feststellen, dass speziell das Speichern derzeit ungenutzter Energie eines der großen Themen darstellt. So ist es eine logische Konsequenz, dass auf diesem Gebiet rege Forschungsarbeit geleistet wird. Das Forschungsfeld selbst gestaltet sich natürlich mannigfaltig: von chemischen, mechanischen bis zu etwa elektrischen Speichern.

Es konnten im Zuge der vorliegenden Recherche einige Projekte in Bezug auf Druckluftspeicherkraftwerke ermittelt werden. Darüber hinaus sind derzeit sogar zwei Druckluftspeicherkraftwerke in Betrieb. Bei diesen wird jedoch der Druckluft Erdgas zugeführt, die verbrannt wird. Das ist insofern notwendig, als dass die Druckluft während des Entspann-Vorganges in der Turbine stark abkühlt. Vereisungen und dergleichen würden jedoch eine starke Beeinträchtigung des Wirkungsgrades bedeuten.

Ebenso muss berücksichtigt werden, dass der Betrieb einer Gasturbine natürlich erst ab einer gewissen Speichergröße Sinn macht. Eine Rechnung, die bei jedem System stimmen muss.

Manche Systeme machen in gewissen Dimensionen keinen Sinn, da Kosten und Stromproduktion eine zu große Schere bilden würden. Im Falle von Druckluftspeicherkraftwerken liegt die direkt Nutzung der Druckluft zur Energieerzeugung sehr nahe. Derzeit gilt für Druckluftspeicherkraftwerke

(reduzierter), was in etwa für Pumpspeicherkraftwerke gilt: es müssen diverse Gegebenheiten an Ort und Stelle vorliegen. Konkret müssen Speichermöglichkeiten für Druckluft vorhanden sein – z.B. Salzkavernen.

Allgemein nachteilig ist beispielsweise der Umstand, dass natürlich bei fortschreitender Entnahme der Druckluft aus dem Speicher der Druck im Speicher sinkt, sofern keine Gegenmaßnahmen getroffen werden. Insofern ist es wenig verwunderlich, dass einige Ansätze wie auch konkrete Projekte Druckluftspeicher im Meer installieren wollen, da der konstante Wasserdruck erhebliche Vorteile bietet.

In Bezug auf Auftriebskraftwerke kann aus derzeitiger Sicht festgestellt werden, dass der Großteil entsprechender Anbieter, falls dieses Wort überhaupt verwendet werden kann, gelinde gesagt eher dem dubiosen Bereich zugerechnet werden können.

Schutzrechtsrecherche

Die Schutzrechtsrecherche konnte das Bild, das sich in der Produkt-/Marktrecherche abzeichnete, bestätigen. Es finden sich etliche Systeme, die mit Druckluftspeichern arbeiten, wenn auch die Art und Weise wie letztlich Energie erzeugt wird, verschieden sein kann.

Mit der Erfindung vergleichbar zeigt sich etwa:

Power generation system utilizing buoyant chamber

US 8 813 488 B2, in Kraft

Das Patent beschreibt ein Auftriebskraftwerk, das mit Druckluft betrieben wird. Dabei kann etwa überschüssige Energie für ein Aufladen des Speichers verwendet werden, sodass eine spätere Stromproduktion möglich wird. Dabei wird die Druckluft einer Kammer eines in einer Flüssigkeit befindlichen Körpers zugeführt, sodass eine Bewegung aufgrund Auftriebs erzeugt wird, die in Folge einen Generator antreibt. In einer anderen Ausführung können auch mehrere Körper bzw. Kammern gegeben sein

Multi-source passive energy power generation

US 9 160 212 B2, in Kraft

In dieser Anordnung wird per Solarkraft eine Batterie aufgeladen, die wiederum einen Kompressor zur Erzeugung von Druckluft antreibt, wobei in einer anderen Ausführung Solarstrom direkt einen Kompressor betreibt. Die Druckluft wird in Folge einer Turbine zugeführt, die sich in einer Flüssigkeit befindet und in Folge Strom erzeugt.

Luftmotor zur Erzeugung von Energie

CH 701 323 A2, zurückgewiesen

Auch dieses Schutzrecht möchte eine Vorrichtung zur Nutzung überschüssiger Energie aus erneuerbaren Energiequellen vorstellen. Dabei wird eine Batterie aufgeladen, die einen Kompressor antreibt. Wärme, die bei diesem Vorgang entsteht, soll durch einen Wärmetauscher genutzt werden.

In einem

Flüssigkeitsbehälter wiederum befindet sich eine umlaufende Anordnung diverser Behälter, denen Druckluft zugeführt wird. Druckluft wird bei dieser Vorrichtung in den Flüssigkeitsbehälter derart eingeblasen, dass diese sofort von einem Behälter aufgenommen wird, wodurch sich dieser nach oben bewegt und in Folge einen Generator antreibt. D

Power generation directly from compressed air for exploiting wind and solar power

US 8 347 628 B2, in Kraft

Etwas anders arbeitet die vorliegende Anordnung. Hier wird ein Kompressor per Windenergie betrieben und sorgt dafür, dass ein Tank mit Druckluft gefüllt wird. Anfallende Wärme heizt dabei einen Wärmespeicher auf. Bei Bedarf wird Druckluft einer Turbine zugeführt, wobei Wärme aus dem Wärmespeicher für ein Aufheizen der Luft sorgt.

Fazit

Im Zuge der Schutzrechtsrecherche sind wir leider auf äußerst erfindungsnahe Vorrichtungen gestoßen, die zum Teil den exakten Ablauf Ihrer Vorrichtung beschreiben. Dies führt leider zu einem äußerst ungünstigen Bild, da Sie sich für ein eigenes Schutzrecht vom derzeitigen Stand der Technik abheben müssen.

Diese Schutzrechte, welche die gleichen Eigenschaften wie die Erfindung haben, würden eine Schutzrechtanmeldung vermutlich sehr erschweren und wenig sinnvoll erscheinen lassen, da eine Einmaligkeit der Erfindung nicht mehr gegeben ist und sich vorher bereits andere Erfinder mit dem zugehörigen Problem auseinandergesetzt haben.

Ebenso zeigt jedoch die derzeitige Situation am Markt, dass sehr intensiv an Energiespeichern wie auch Druckluftkraftwerken diverser Dimensionen geforscht wird. Dabei sind je nach Unternehmen und Projekt unterschiedlich dimensionierte Budgets im Zusammenspiel mit Experten in diesem Bereich vorhanden, sodass ein Einstieg gerade in diesen Bereich äußerst schwierig ist. Besitzt die eigene Vorrichtung nicht eine nachweisbare Neuerung, einen großen wirtschaftlichen Vorteil etc. hat man letztlich kaum eine Chance.

Da leider diverse Schutzrechte letztlich sehr erfindungsnahe Systeme beschreiben, etliche Details der eigenen Vorrichtung noch erarbeitet werden müssen und insgesamt ein großer Konkurrenzdruck im Bereich (nachhaltige) Energieerzeugung herrscht, präsentieren sich leider sehr nachteilige Ausgangsposition. Sie haben zweifellos ein vorhandenes Problem erdacht, doch waren Sie leider nicht einer der ersten an dieser Front.

Unter Berücksichtigung der Rechercheergebnisse kommen wir leider zu einem unvorteilhaften Endergebnis, das mit sehr deutlichen Hürden und Hindernissen versehen ist. Eine Hürde sind existierende Vorrichtungen wie auch zahlreiche Projekte, die einen starken Wettbewerb bilden, sowie diverse gefundene Schutzrechte.

Wenngleich wir die grundlegende Idee für positiv befinden, müsste man vorhandene Produktlösungen verbessern und andere Ideen entwickeln, die einige Vorteile gegenüber den bekannten Lösungen aufweisen und so ein starkes Schutzrecht ermöglichen.

Um auf dem Markt langfristig erfolgreich sein zu können, benötigt ein Produkt im besten Fall ein Alleinstellungsmerkmal, durch das es sich von Wettbewerbern abhebt und einen Kaufanreiz für die Endkunden darstellt.

Aufgrund der Daten in der Recherche scheinen diese Voraussetzungen aus unserer Sicht derzeit nicht gegeben zu sein, sodass weiteres Handeln aus wirtschaftlicher Sicht vorerst nicht sinnvoll erscheint,

Insgesamt kommen wir zu dem Schluss, dass es Produkte und Schutzrechte gibt, die das Problem auf ähnliche oder andere Weise lösen und weitestgehend der Erfindung entsprechen.

Eine weitere Vorgangsweise sollte daher gut überlegt werden und ist nur dann sinnvoll, wenn es gelingt, durch ausreichende weitere Überlegungen, Ausarbeitungen, und Argumentationen eine Weiterverfolgung der Idee vom wirtschaftlichen Standpunkt aus rechtfertigen zu können.

Bitte nehmen Sie nach Durchsicht der Arbeit Kontakt mit uns für eine Nachbesprechung auf.

November 2015

Anhang I: Schutzrechte



US009160212B2

(12) **United States Patent**
McCoy

(10) **Patent No.:** **US 9,160,212 B2**
(45) **Date of Patent:** **Oct. 13, 2015**

(54) **MULTI-SOURCE PASSIVE ENERGY POWER GENERATION**

(56) **References Cited**

(76) Inventor: **Byron A McCoy**, Appomattox, VA (US)
(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 552 days.

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,206,608 A *	6/1980	Bell	60/698
7,411,308 B2 *	8/2008	Parmley	290/1 R
8,816,517 B2 *	8/2014	Ogaz	290/1 E
2012/0119510 A1 *	5/2012	Herzen et al.	290/1 C
2014/0327247 A1 *	11/2014	Calabro	290/4 C

(21) Appl. No.: **13/456,812**

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

(22) Filed: **Apr. 26, 2012**

CN	102022252 A *	4/2011
GB	2326916 A *	1/1999
WO	WO 9631696 A1 *	10/1996
WO	WO 9701707 A1 *	1/1997
WO	WO 03076798 A1 *	9/2003
WO	WO 2013040624 A1 *	3/2013

(65) **Prior Publication Data**

US 2012/0274079 A1 Nov. 1, 2012

* cited by examiner

Related U.S. Application Data

Primary Examiner — Joseph Waks

(60) Provisional application No. 61/479,044, filed on Apr. 26, 2011.

(74) *Attorney, Agent, or Firm* — Bradford E. Kile; Kile Park Reed & Houtteman

(51) **Int. Cl.**
F03B 13/00 (2006.01)
H02K 7/18 (2006.01)
F03B 17/02 (2006.01)

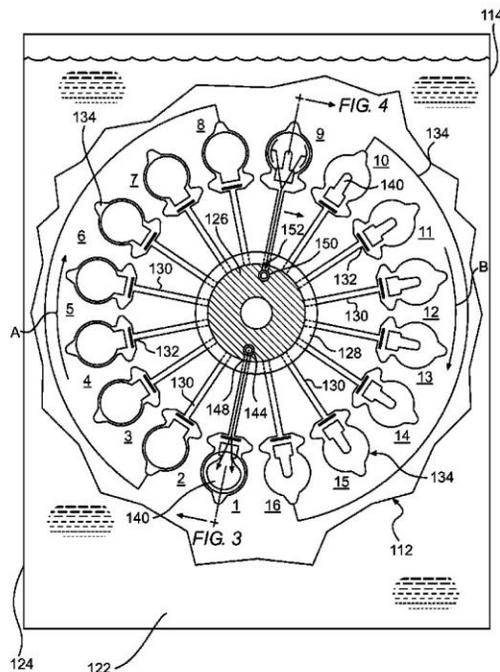
(57) **ABSTRACT**

A multi-source passive energy power generation system that includes use of solar radiation to drive an air compressor and compressed air is then delivered to a power wheel positioned within a fluid tank. The air pressure is delivered to air chambers mounted upon tubular spokes of the power wheel and buoyancy force is used to drive rotation of the power wheel within the fluid tank. In some embodiments weights are added to translate along the tubular spokes under the guidance of cam surfaces to a rotational force to the power wheel from the force of gravity.

(52) **U.S. Cl.**
CPC **H02K 7/1823** (2013.01); **F03B 17/02** (2013.01); **Y02E 10/20** (2013.01)

(58) **Field of Classification Search**
USPC 290/1 R
See application file for complete search history.

20 Claims, 11 Drawing Sheets



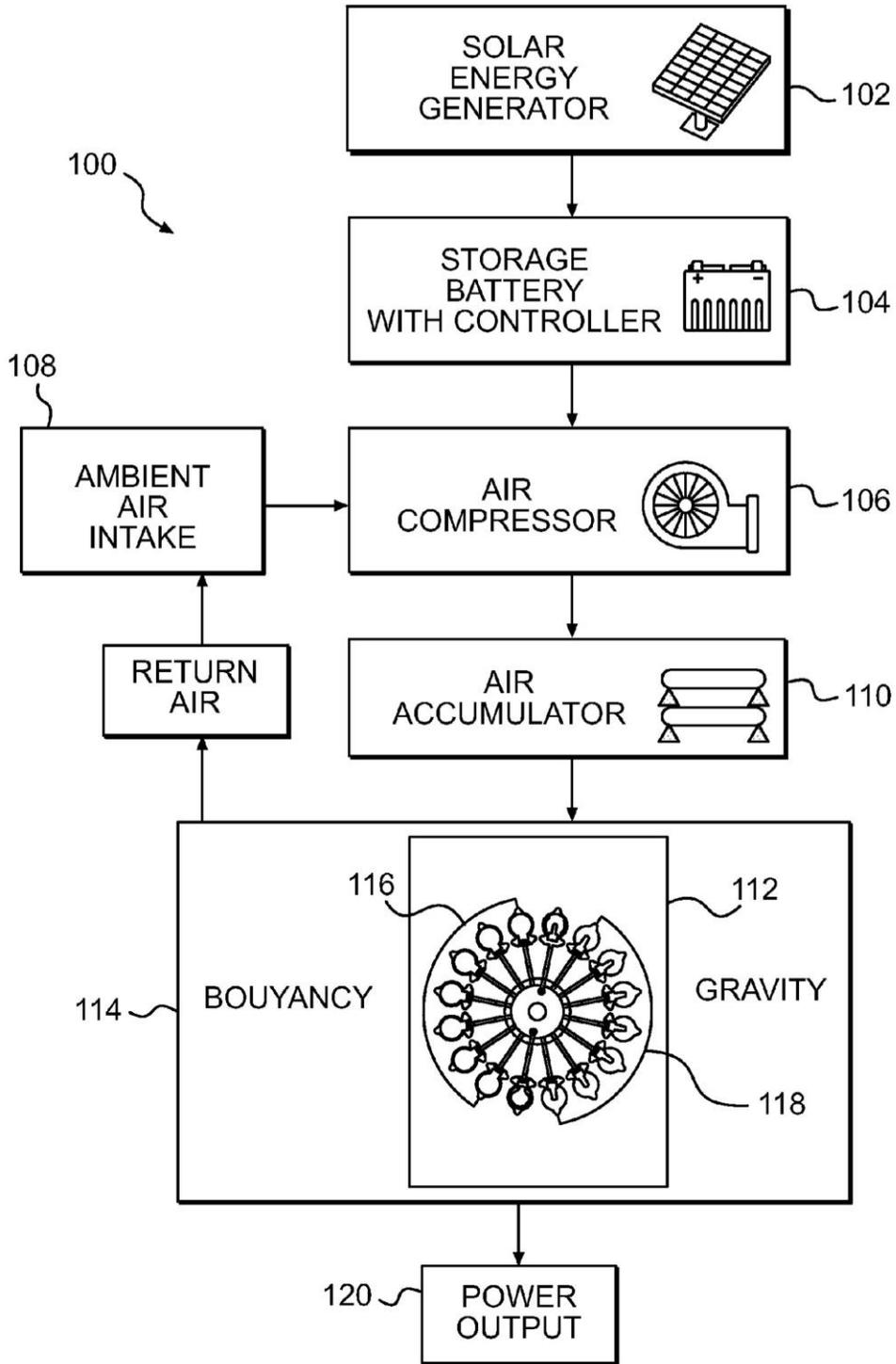
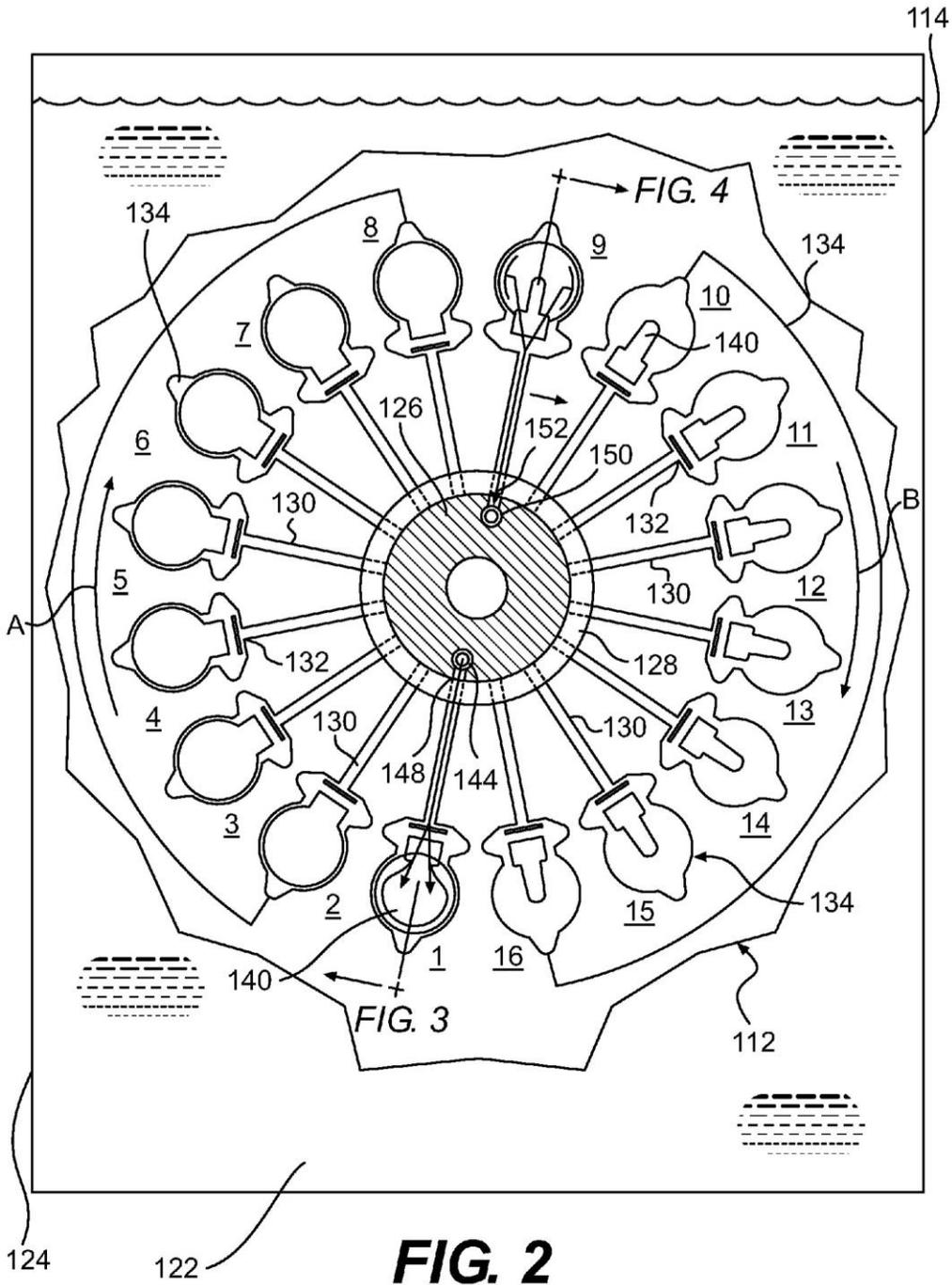


FIG. 1



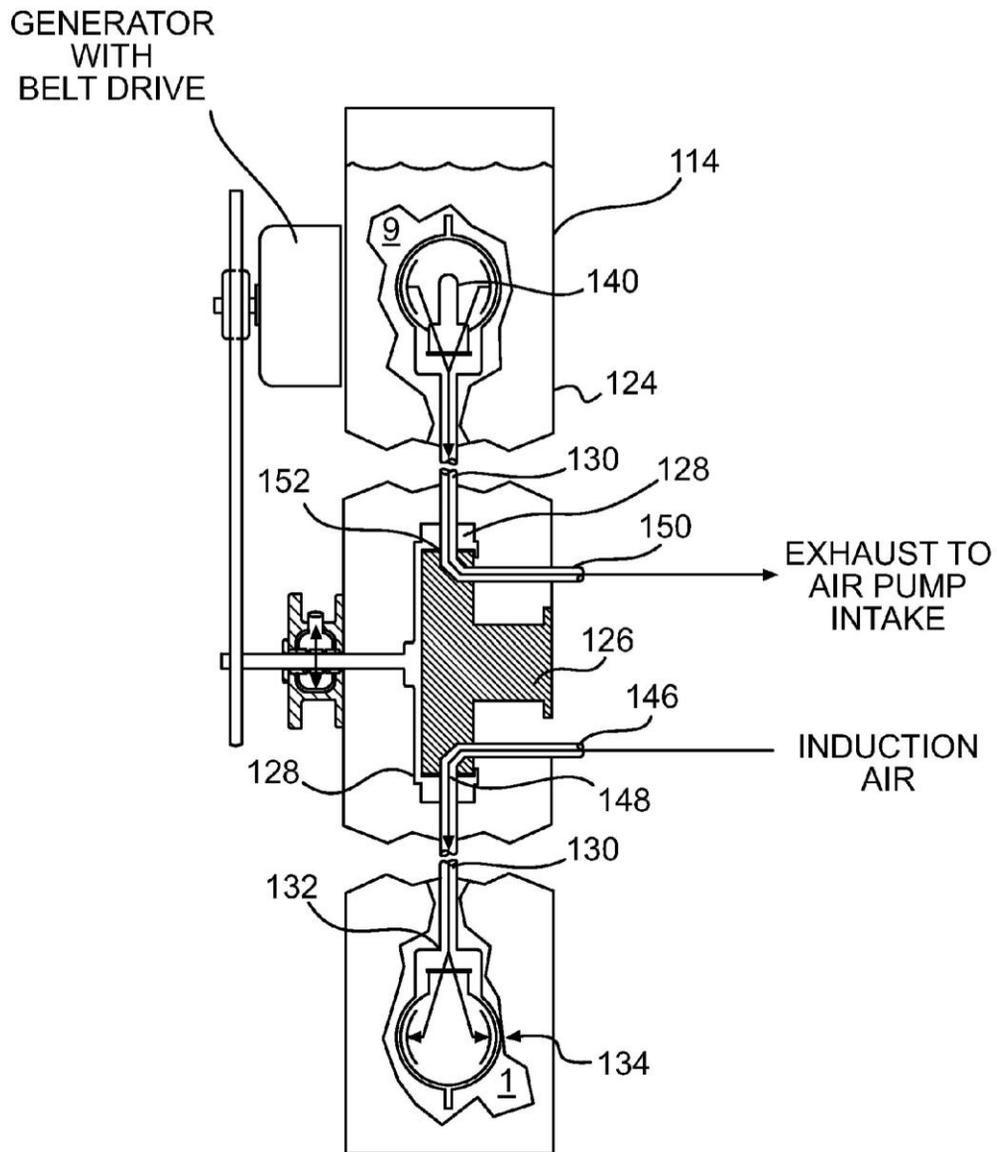


FIG. 3

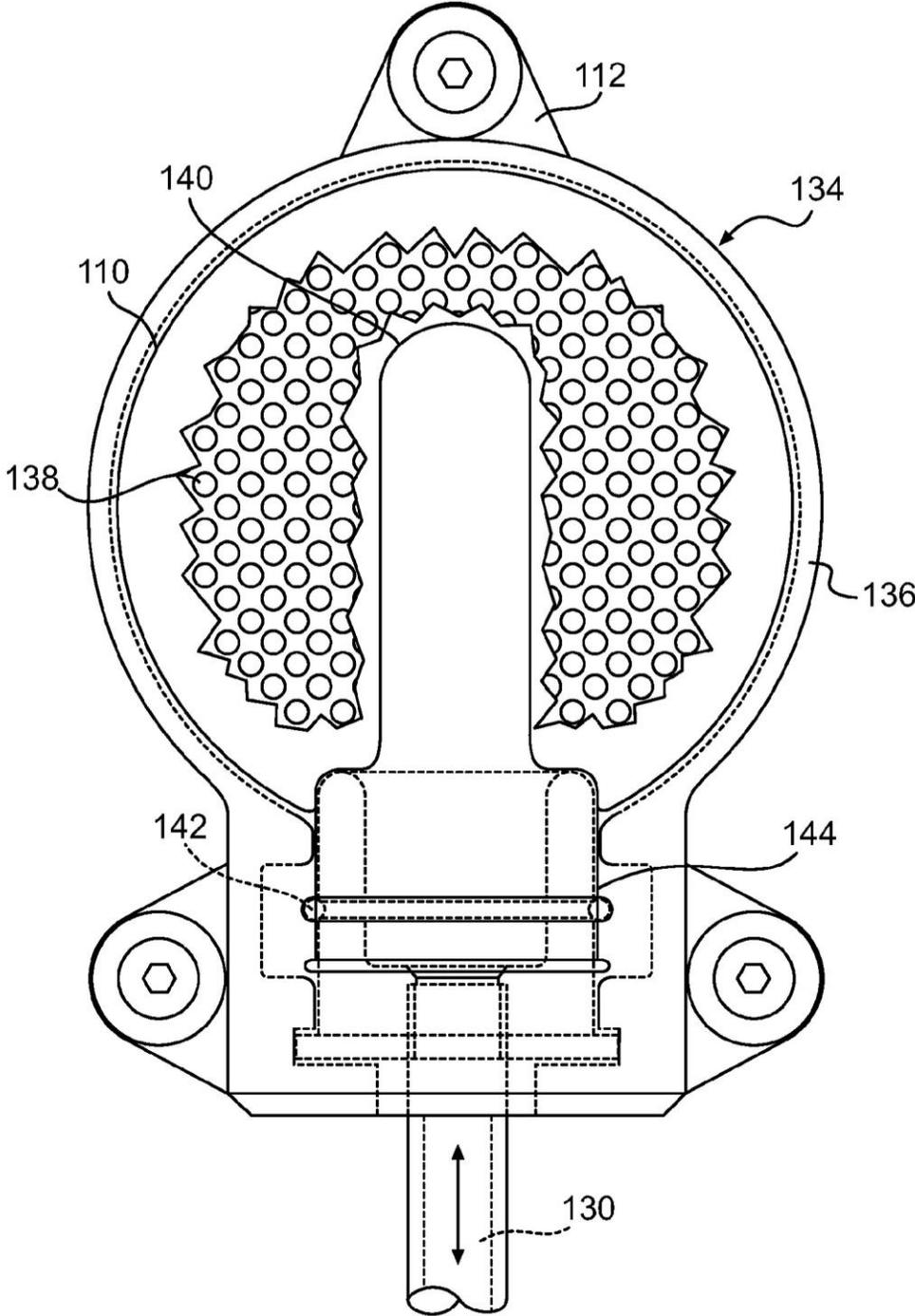
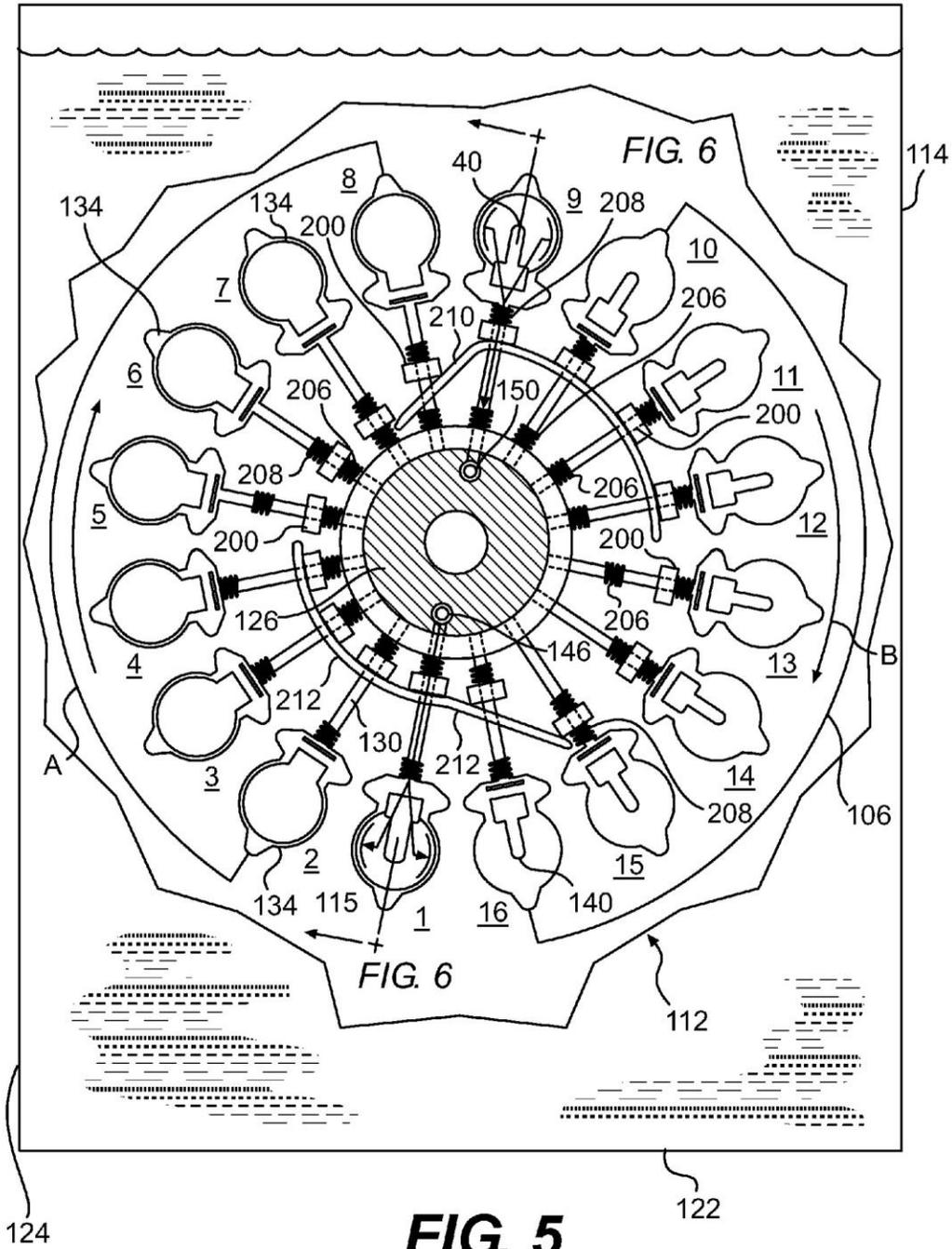


FIG. 4



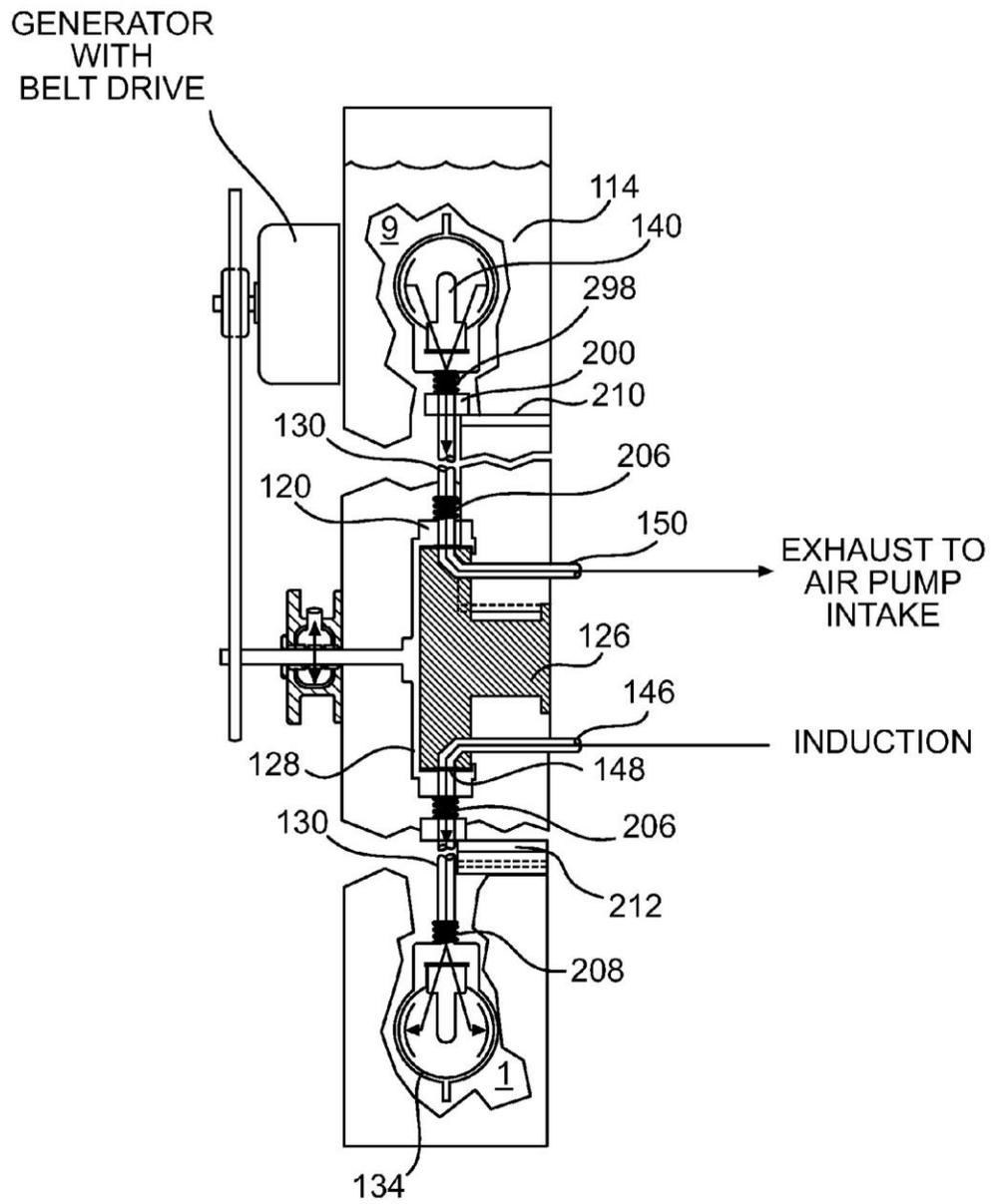


FIG. 6

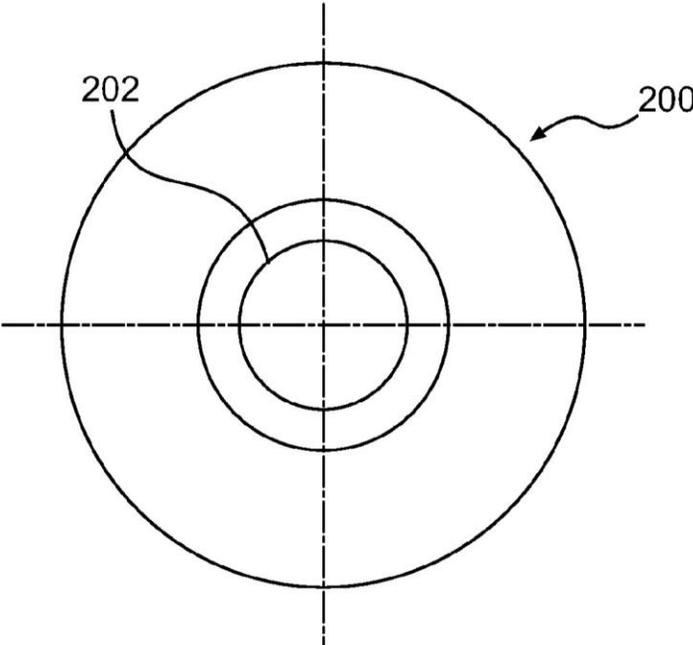


FIG. 7

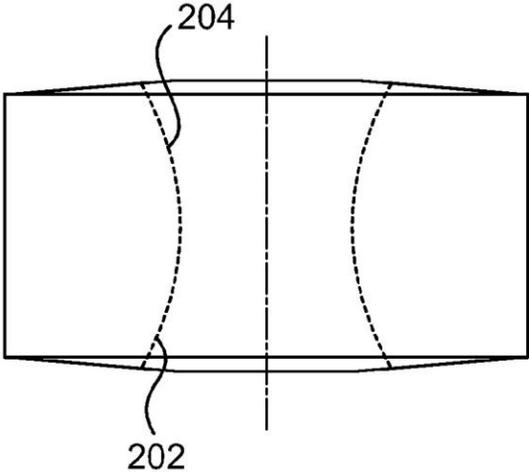


FIG. 8

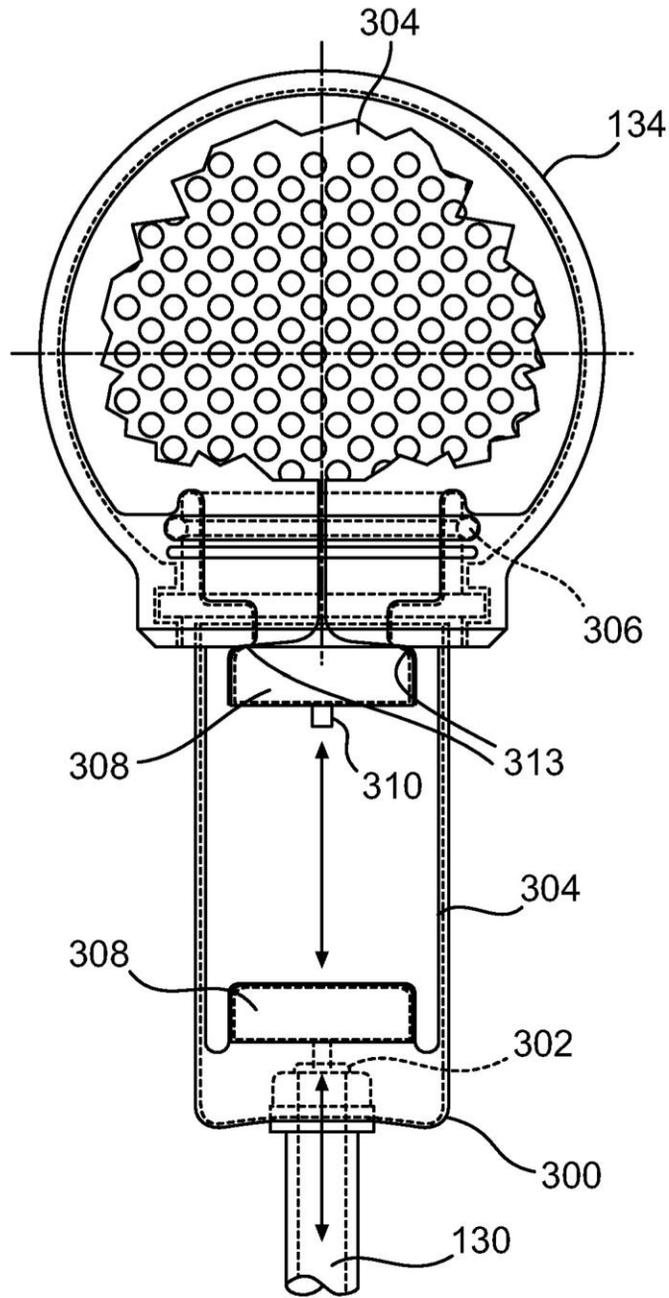


FIG. 9

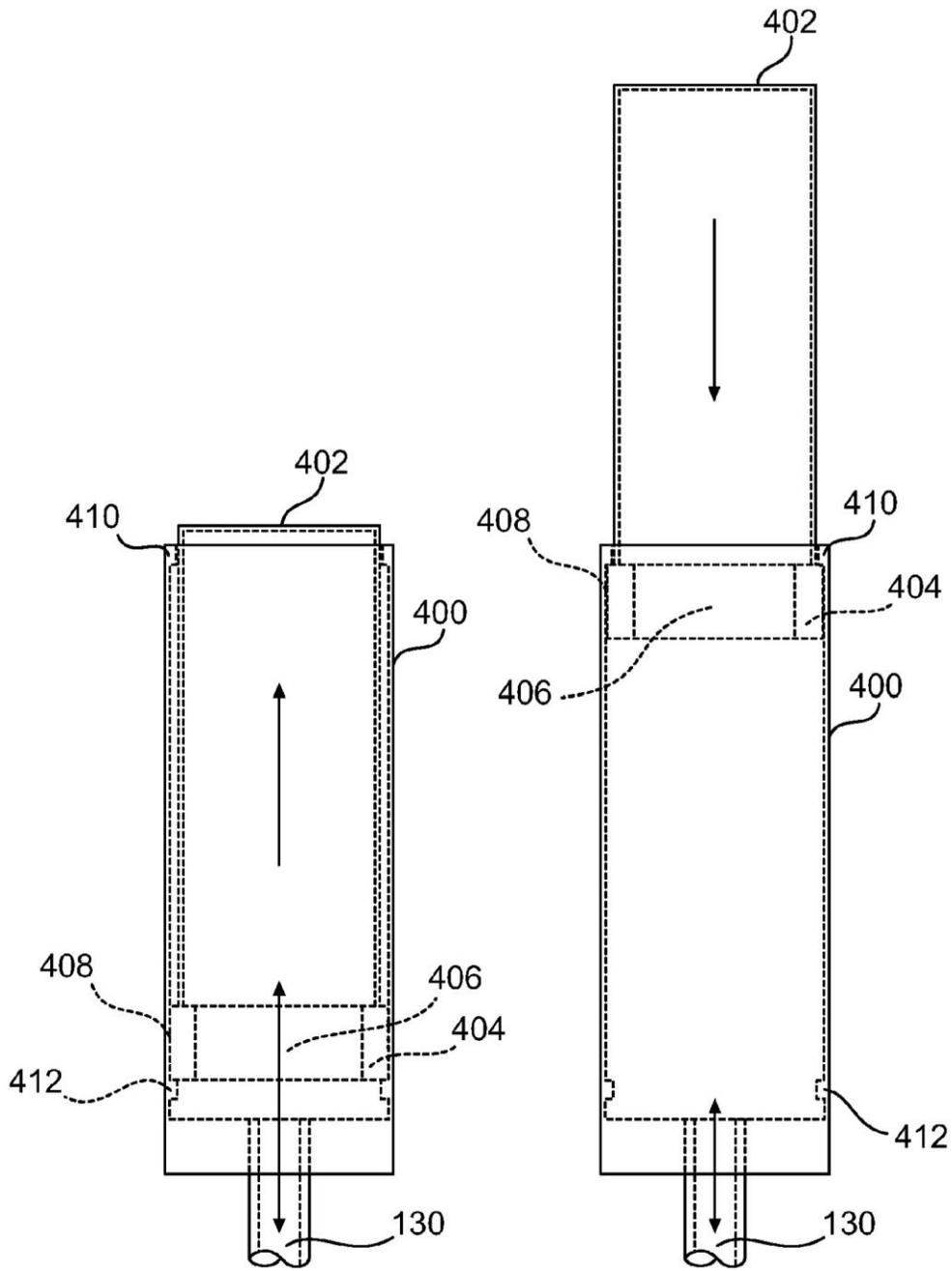


FIG. 10

FIG. 11

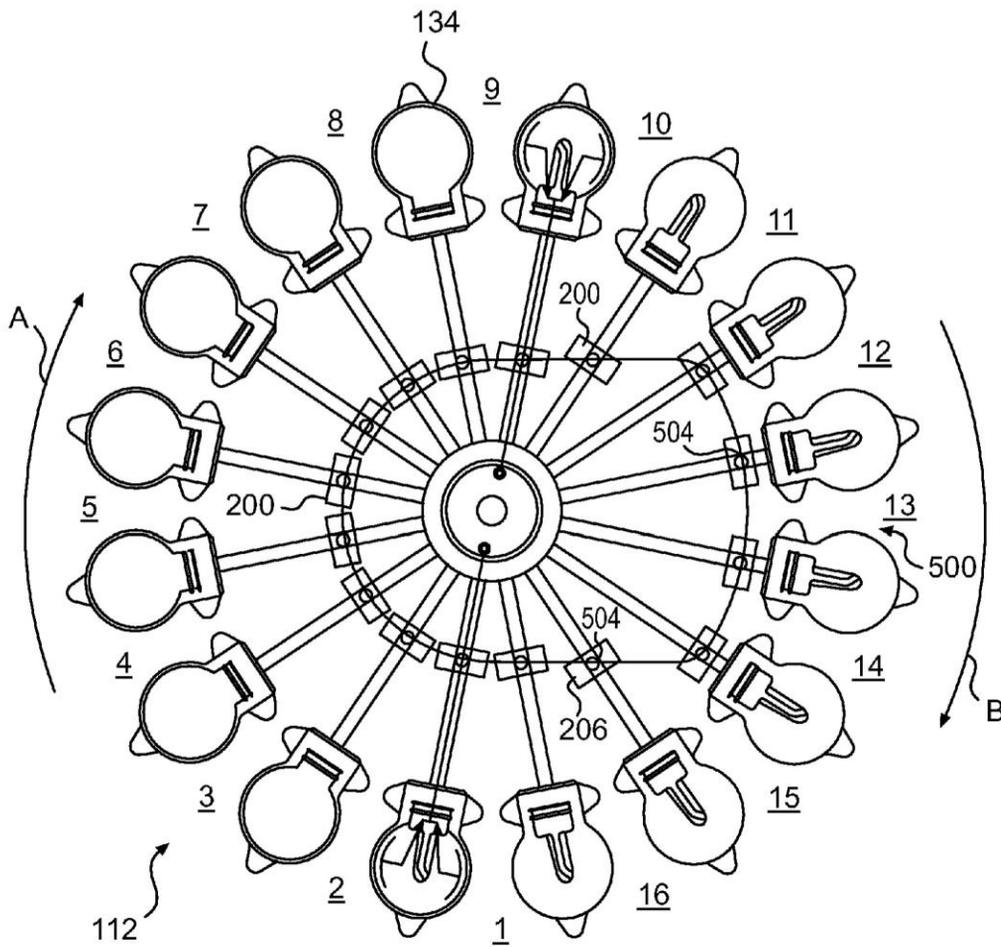


FIG. 12

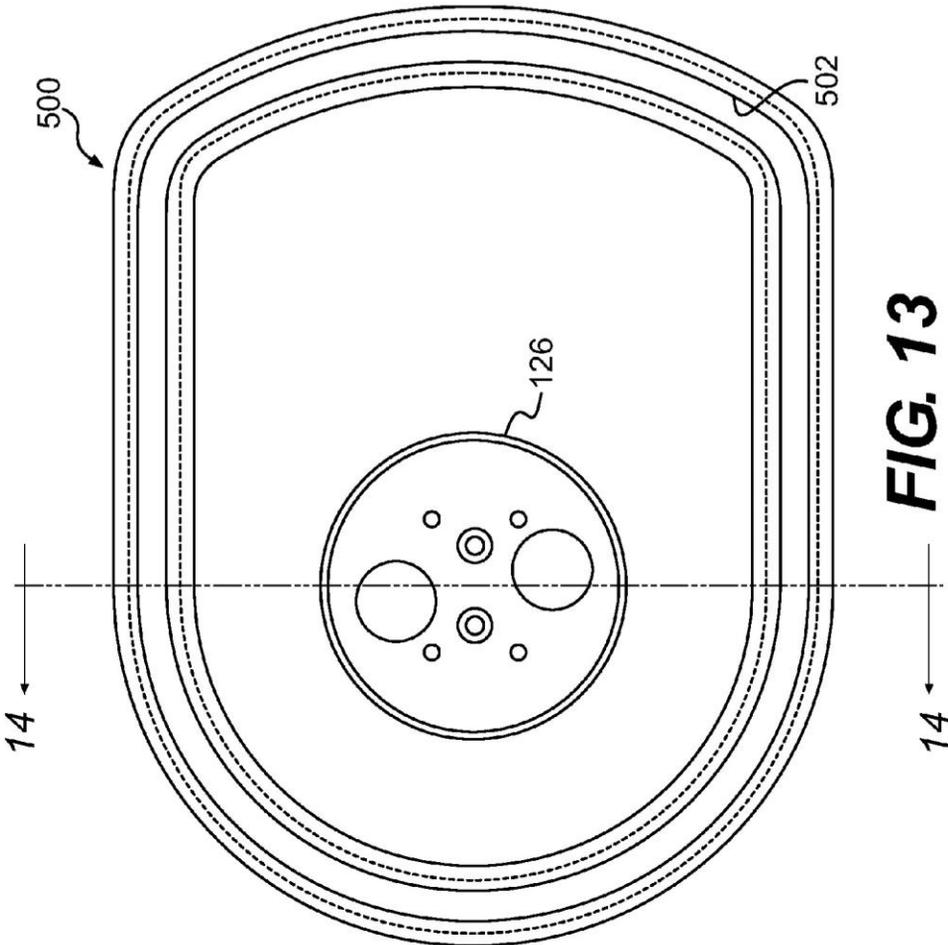
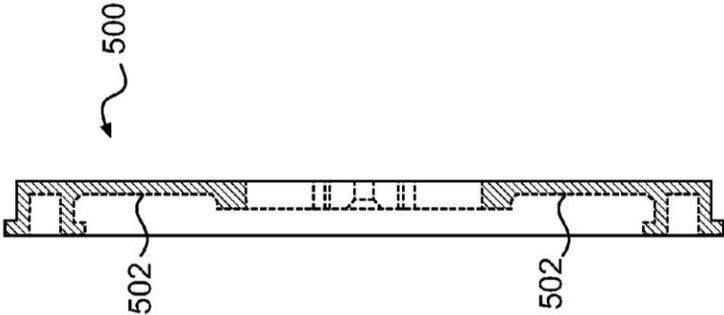


FIG. 14



1

MULTI-SOURCE PASSIVE ENERGY POWER GENERATION

CROSS REFERENCE TO RELATED APPLICATION

This application claims the priority of applicant's U.S. Provisional Application Ser. No. 61/479,044 filed on Apr. 26, 2011. The disclosure of applicant's Provisional Application is hereby incorporated by reference as though set forth at length.

BACKGROUND OF THE INVENTION

This invention relates to a system for generating power from multiple sources of natural energy. More specifically, the invention uses naturally occurring passive sources of energy such as solar radiation, gravity and buoyancy to create useable power.

In the past fossil fuel sources have been a primary source of usable energy. In this coal, oil and natural gas have been used in power plant installations to heat water which is converted into steam that drives massive turbines which in turn rotate generators to produce electricity. Fossil fuel sources, however, have certain disadvantages as a natural resource that is not without limit as well as producing environmental contaminants and concerns. Moreover significant reserves of fossil fuels exist outside of the territorial United States making reliable supply at reasonable costs problematic and subject to spikes based on geophysical, political and financial speculation considerations. Such uncertainty places economic development in the hands of sources and resources that may not be reliable or trustworthy.

Alternative sources of energy are available such as direct solar power, wind power, ocean current and tide machines. Each of these mono-sources of energy and power have their own advantages and disadvantages such as construction costs, efficiency, generation location, etc.

Although nuclear power generation has been proven to be reliable in most situations in instances of hundred year natural disasters, or just plain negligent human management of facilities, unforeseen events may produce unanticipated catastrophic consequences that can endanger human existence in significant regions of the earth for generations. Moreover safe and reliable management of spent fuel rods with long half-lives creates issues of their own complexity.

It would be highly desirable to provide a system and method of power generation for use in a wide variety of applications that would be reliable, not dependent on fossil or nuclear fuels and have an enhance efficiency in operation. Moreover utilization of universally available, reliable, multiple sources of passive energy such as solar, buoyancy and gravity to produce power would be desirable.

The problems suggested in the preceding are not intended to be exhaustive but rather are among many which may tend to reduce the effectiveness, reliability and safety of power generation systems known in the past. Other noteworthy problems may also exist; however, those presented above should be sufficient to demonstrate that power generation systems and methods appearing in the past will admit to worthwhile improvement.

BRIEF SUMMARY

A preferred embodiment of the invention which is intended to address concerns and accomplish at least some of the foregoing objectives comprises a system wherein solar

2

energy is used to drive an air compressor which in turn delivers air under pressure to a buoyancy/gravity power wheel. The power wheel is mounted within a tank filled with a fluid having a specific gravity greater than air pressure and on a generally right hand side of the wheel gravity is used to drive rotation of the wheel in a clockwise direction and on a left hand side of the wheel buoyancy is used to drive rotation of the wheel also in a clockwise direction. An output shaft is operably connected to the wheel and can be used to drive an electrical generator or other devices where rotary power is desired. In a preferred embodiment all three passive energy sources of solar radiation, gravity and buoyance are combined to produce rotary power.

THE DRAWINGS

Numerous advantages of the present invention will become apparent from the following detailed description of preferred embodiments taken in conjunction with the accompanying drawings wherein:

FIG. 1 is a schematic diagram of a multi-source passive power generation system in accordance with one embodiment of the invention that utilizes the passive energy of buoyancy, gravity and in some instances solar to generate rotational output power;

FIG. 2 is a side elevation view of multi-source passive power generation system in accordance with one embodiment of the invention that comprises a buoyancy wheel positioned within a fluid container;

FIG. 3 is a partial side elevation view taking in the direction of section lines 3-3 in FIG. 2 and discloses an axle mounted upon a side wall of a fluid tank and a wheel hub journaled to the axle and being joined to an output shaft of the buoyancy engine in FIG. 3;

FIG. 4 is a partial detailed cross-sectional view taken along section lines 4-4 in FIG. 2 of one generally spherical buoyancy chamber of the plurality of buoyancy chambers disclosed in FIG. 2;

FIG. 5 is a side elevation view of another embodiment of the invention depicted in FIG. 2 that further includes gravity weights and cam surfaces to combine use of gravity along with buoyancy to produce rotational power for the system;

FIG. 6 is a cross-sectional side view of the embodiment of FIG. 5 taken along section lines 6-6 in FIG. 5; detailed plan view and a cross-sectional view of an air bearing pillow as previously illustrated in FIG. 5 positioned around the buoyancy engine output shaft;

FIG. 7 is a top view of a weight operably mounted upon each air induction and eviction spoke of the embodiment of the system disclosed in FIGS. 5 and 6;

FIG. 8 is a side view of a weight as shown in FIG. 7;

FIG. 9 is a partial side cross-sectional view of another embodiment of the invention that comprises a cylinder and generally spherical chamber mounted at the distal end of each air induction and eviction spoke of the passive power drive system;

FIG. 10 is a side elevation view of yet another embodiment of the invention comprising two telescoping cans in a collapsed condition mounted upon the distal end of an air induction and eviction spoke;

FIG. 11 is a side elevation view similar to FIG. 10 and discloses the cylindrical cans in an extended position;

FIG. 12 is a partial side elevation view of a yet still another embodiment of the invention that includes a continuous cam race for control of weights mounted for translation along the air induction and eviction spokes of the buoyancy and gravity power wheel;

3

FIG. 13 is a detailed side view of a continuous cam surface used to control the position of weights as illustrated in FIG. 12; and

FIG. 14 is a cross-sectional view taken along section line 14-14 in FIG. 13.

DETAILED DESCRIPTION

Referring now particularly to the drawings, wherein like reference characters refer to like parts, and initially to FIG. 1, there will be seen a schematic illustration of a preferred embodiment of the subject multi-source passive energy power generation system 100.

A conventional solar energy source 102 is operable to convert solar radiation into direct current which is fed to a storage battery with a controller 104. The battery in turn is used to drive an air compressor 106. Ambient air is drawn into the compressor 106 from an ambient air intake 108 where the air is compressed and delivered to an accumulator 110 which is used as a steady source of air pressure of say three pounds per square inch above ambient air pressure. Alternatively a converter could be used to generate AC current to drive an air compressor pump.

Air pressure from the accumulator 110 is delivered to a buoyancy and gravity power wheel 112 mounted for rotation within a fluid tank 114 where the air pressure is used on a buoyancy side 116 of the power wheel 112 to rotate the wheel in a clockwise direction within the tank 114. In one embodiment exhaust air from the power wheel is fed back into the air compressor intake 108 via a check valve system.

In another embodiment of the invention clockwise buoyancy drive of the power wheel 112 is enhanced by the provision of gravity weights (to be discussed in detail below) which function to provide a clockwise gravity drive 118 on the right hand side of the power wheel 112.

A power output shaft 120 is coupled to the power wheel 112 and is used to drive an electrical generator or a variety of devices where rotary power is desired. In a preferred embodiment three passive sources of energy namely solar radiation, buoyancy and gravity are combined to drive the power wheel 112.

Turning now to FIGS. 2-4 there will be seen various views of a power wheel 112 which operates on air pressure from an accumulator 110 as discussed above. The power wheel is positioned within a generally rectangular fluid tank 114 having a generally rectangular bottom surface 122 and side walls 124. The tank is filled 114 is preferably filled with water but other fluids are envisioned that have a specific gravity of greater or less than that of water but in any event greater than the fluid, such as air under pressure, supplied to the tank from the accumulator 110.

As shown in FIGS. 2 and 3 positioned centrally within the tank 114 is a rotary power wheel 112. An axle 126 is mounted upon a side wall 124 of the tank 114 in a generally central location and extend into the tank. A hub 128 of the rotary power wheel 112 is journaled upon the axle 126 for rotation in a clockwise direction as viewed in FIG. 2.

Attached to the hub 128 are a plurality of radially extending tubular spokes 130 which are positioned with equal spacing around the hub 128. In a preferred embodiment of the invention there are sixteen equally spaced spokes positioned around the outside diameter of the hub (equally spaced by approximately 22.5 degrees). Each of the tubular spokes 130 are hollow tubes and have a proximal end 132 radially mounted within the hub 128 and a distal end that terminate into an air chamber 134. In a presently preferred embodiment there are sixteen tubular spokes and air chambers that are

4

shown numbered in FIG. 2 with the number "1" being assigned to the position slightly beyond a six o'clock position and extending in clockwise sequence around the power wheel to position "16" which is slightly short of a six o'clock position on the power wheel.

Turning now specifically to FIG. 4 a generally spherical buoyancy chamber 136 is mounted at the distal ends of the tubular spokes 130. The spherical buoyancy chamber 136 has spherical side walls with a plurality of apertures 138 that permit free generally unrestricted access to the surrounding fluid within the tank 114. Within the interior of each spherical buoyancy chamber 136 is a flexible bladder 140 that is operably connected to the distal end of a corresponding tubular spoke 130 and is operable to receive and return air from the interior of the flexible bladder. The bladder may be held in a secure position by an "O" ring 142 mounted about an opening of the bladder and a mounting ring 144 of the spherical chamber.

The bladder is preferably composed of a plastic composition with a wall thickness suitably selected to repeatedly receive and evict air from within the interior of the spherical air chamber. As a general proposition there is no requirement for the bladder to be elastic although in certain embodiments using an elastic composition may be desirable. In any event the bladder should be suitable to be deployed within the inter periphery of the spherical chamber 136 or contract to a completely collapsed condition during each full rotation of the power wheel.

Returning to FIG. 3 an air, or other fluid, induction conduit 146 extends through the side wall of the tank 124 and into the stationary axle 126. This induction conduit 146 terminates in a radially extending fluid port 148 in the axle 126. When the hub 128 rotates to bring a proximal end of a tubular spoke into registry with the fluid port 148 fluid, such as air under pressure, will be injected into the bladder 140 which will fill the spherical chamber 136. The fluid induction port is peripherally positioned on the axle at the "1" position as viewed in FIG. 2. When fluid from the tank 114 is evicted from the spherical chamber 134 at the "1" position a buoyancy force is created at the distal end of the tubular spoke 130 and the power wheel is rotated in a clockwise direction as illustrated by arrow "A" in FIG. 2.

As the air chamber sphere moves clockwise to position 2 and beyond the port of the spoke 130 moves out of registry with the induction port 148 and the hub and axle form a seal so that buoyancy is maintained within the spherical air chamber as the power wheel rotates. As noted above the buoyancy of the bladder applied at the distal end of spoke 130 tends to rotate the power wheel in a clockwise direction at positions "1" through "8." Each of the spherical buoyancy chambers and interior bladders 140 are inflated on the left hand side of the power wheel and remain inflated thus providing clockwise rotational torque to the power wheel 112 on the left hand side of the power wheel by the passive force of buoyancy.

Returning to FIG. 3 a fluid exhaust line 150 is positioned through a side wall of the tank 114 and projects into the axle 126 in a position approximately diametrically opposite to the fluid inlet line 146. The exhaust line 150 terminates within the axle with a radially extending port 152. When rotation of the power wheel 112 brings the proximal end of a tubular spoke 130 into registry with the exhaust port 152 fluid, such as air under pressure, is evicted from the bladder of the buoyancy chamber and the bladder collapses within the buoyancy chamber. At this point the air chamber 136 loses the upward buoyancy it possessed and the power wheel 112 is freed to continue rotation in a clockwise direction in the direction of

5

arrow "B" through stations "9" through "16." When station "1" is reached the process is repeated.

Turning now to FIGS. 5 through 8 another embodiment of the invention is disclosed. This embodiment is similar to the embodiment of FIGS. 2-4 and like parts are designated with identical reference numbers. In this embodiment a gravity system has been added to the buoyancy drive system of the embodiment of FIGS. 2-4.

In this embodiment a generally torus shaped weight 200 has been added to surround and slid along each of the tubular spokes 130. A detailed view of each weight is shown in FIGS. 7 and 8. Each of the weights 200 has a generally puck shape with a central aperture. Each of the torus shaped weights can be composed of a heavy metal such as lead and is preferably enrobed with a low friction plastic coating 204 such as polytetrafluoroethylene.

As shown in FIG. 5 each of the tubular spokes 130 is fitted with one or more of the weights 200 and each spoke also carries a radial inner spacer sleeve 206 and a radial outer spacer sleeve 208.

An upper cam surface 210 is mounted upon the wall of the tank 114 and extends in curved posture from an initial position adjacent to an inner edge of a weight 200 at station "7" and extends to a position slightly beyond station "12." The upper cam surface 210 serves to extend the weights 200 to a radially outermost position upon each spoke from station "9" to approximately station "12" where gravity tends to keep the weight extended to station "15." In an extended position the weights are extended in an outermost posture upon the radial tubular spokes from station "9" to station "15" and thus create a clockwise moment on the hub 128 which serves to rotate the hub in a clockwise direction in the direction of arrow "B."

In addition to the upper cam surface 210 discussed above a lower cam surface 212 is mounted upon the wall of the tank 114 and extends in a curved posture from an initial position adjacent to an outer surface of a weight 200 at station "15" and extends in a clockwise direction about the power wheel 112 in a radially decreasing posture to a position slightly beyond station "4."

The cam surface 212 serves to engage an outer edge of a weight 200 at approximately station "15" and raise the weight to a position adjacent the hub 128 while the power wheel 112 rotates in a clockwise direction from station "16" to station "7."

It will be seen in FIG. 5 that the cam surfaces 210 and 212 create a longer moment arm for the weights 200 on the right hand side of the power wheel and thus operably combine with the left hand buoyancy side of the power wheel to rotate the power wheel in a clockwise direction.

FIG. 9 discloses another embodiment of the invention. In this embodiment the concept of a buoyance bladder is combined within a rigid cylindrical chamber 300 mounted on the distal end of each engine wheel spoke 130. The attachment structure 302 at the base of the cylinder is open centrally to permit communication with the air induction and exhaust spoke 130. A flexible bladder or cylindrical balloon 304 is mounted at one end 306 at an open end of the cylinder 300 and carries a disc 308 at a closed end of the bladder. The disc 308 prevents the bladder 304 from being drawn into the tubular spoke 130 during an exhaust phase. A bar 310 attached to a base of the disc 308 prevents the disc from completely closing the distal end of the tubular spoke 130.

The bladder 304 and disc 308 are mounted to traverse back and forth within the cylinder 300. FIG. 9 shows the disc 308 and bladder 304 in a contracted position with solid lines as would exist at the station "9" position to station 16 position of the engine wheel. Beyond the station "1" position air pressure

6

will extend the bladder or balloon 304 to an extended position within the sphere until the disc 308 engages a stop 312 at a distal end of the cylinder 300 and the bladder 304 extends into the spherical buoyancy chamber 134.

Turning now to FIGS. 10 and 11 another embodiment of the invention is disclosed. FIG. 10 discloses an embodiment which is similar to the embodiment of FIG. 9 but instead of using a flexible bladder 304 this embodiment comprises two rigid cylindrical cans 400 and 402 that are open ended and telescope together.

In FIG. 10 a fixed cylindrical can 400 is shown mounted on a distal end of an air induction and exhaust spoke 130. A disc 404 is positioned at an open end of the traversing can 402. The disc 404 includes a central opening 406 or a plurality of transverse holes as desired. The central opening 406 or the plurality of holes or apertures allows air pressure to equalize on either side of the disc 404.

Bearings 408 and stops 410 and 412 enable controlled relative translation of the can 402 with respect to the fixed can 400. In operation the cans are generally in a contracted position at one to three o'clock and then telescope open by gravity and air pressure to fully extended position from station "1" to approximately station "9" where the air pressure is exhausted in a manner of operation similar to the operation of the embodiment of FIG. 9. The size of the cylindrical chambers can be selected to produce a desired buoyancy to provide a clockwise rotation of the engine wheel in the direction of arrow "A" in FIG. 2.

Referring now to FIGS. 12 through 14 there is yet another embodiment of the subject invention. FIG. 12 is a schematic of the power wheel 112 disclosed in FIG. 5. In this embodiment a continuous cam 500 is shown. This cam surface interacts with weights 200 that are mounted for translation along the tubular spokes 130 as discussed in connection with FIG. 5.

FIG. 13 is a side elevation view and FIG. 14 is a cross-sectional view of the cam 500 which is mounted upon the axle 126 and includes a cam track 502 that is designed to operate in cooperation with a cam follower arm 504 that is connected to a side surface of the weights 200. As the power wheel turns clockwise the weights will be extended at stations "11" through "14" and contract at stations "16" through "9." This imbalance in the length of the moment arms of the weights 200 induces clockwise rotation of the power wheel in the direction of arrow "B" on the right hand side of the power wheel in combination with the buoyancy force in the direction of arrow "A" on the left hand side of the power wheel.

The spherical expandable bladder containment basket 134 can be constructed from composite materials such as ABS and molded in two hemi-spherical halves. The fluid containment tank 114 can be any size as desired and the system scaled up or down to meet the intended function. In addition the amount of air press necessary to expand the collapsible bladder will depend on the depth of the water with the vessel as approximately one meter of water is equal to one atmosphere of air pressure.

Although a single power wheel is illustrated it is envisioned that a plurality of wheels can be mounted in parallel upon a single central hub shaft to provide multiples of the power generation of a single engine power wheel. Moreover the dimensions and weights can be selected to optimize the resulting power output from buoyancy and gravity for a given size container or vessel.

In this patent the term "passive" has been used to describe a source of energy that exists in nature such as solar radiation, buoyancy and gravity. These sources of energy exist and it is the purpose of the subject invention to utilize those sources to produce useful power for a variety of applications. The pres-

ently envisioned fluid supplied to the power wheel is air under pressure such as for example 3 psi above ambient air pressure. Other sources of pressure are envisioned, however, such as for example steam. The term “approximately” as used in this patent is intended to provide a degree a latitude with respect to any component that includes the term in its description.

The functions and advantageous of the subject systems provide a source of power generation that is relatively quiet, environmentally save, is independent of fossil fuel sources, and is efficient in operation. Although one of ordinary skill in the art will recognize numerous uses of the subject efficient energy generation systems currently envisioned uses include electricity generators, air compressors, hydraulic drives, pumps, sawmills, textile mills, turbines, machinery with line shafts, electrical vehicle charging, well drilling, oil refineries, road construction sites to compress air or provide an independent source of electricity, electrical power of the energy grid, etc.

In the specification the expression “approximately” is intended to mean at or near and not exactly such that the exact location is not considered critical.

In the claims reference has been made to use of the term “means” followed by a statement of function. When that convention is used applicant intends the means to include the specific structural components recited in the specification and the drawings and in addition other structures and apparatus that will be recognized by those of skill in the art as equivalent structures for performing the recited function and not merely structural equivalents of the structures as specifically shown and described in the drawings and written specification.

In describing the invention, reference has been made to preferred embodiments. Those skilled in the art however, and familiar with the disclosure of the subject invention, may recognize additions, deletions, substitutions, modifications and/or other changes which will fall within the scope of the invention as defined in the following claims.

What is claimed is:

1. A multi-source passive power generation system comprising:

- an open top fluid tank having,
- a bottom, and side wall surfaces, and being operable for containing a fluid within said tank having a density greater than surrounding ambient air;
- an axle mounted within said fluid tank and having a central longitudinal axis lying generally parallel to but spaced from said bottom of said tank;
- a power wheel mounted for rotation upon said axle within said fluid tank said wheel extending generally perpendicular to said bottom surface of said fluid tank, said wheel having,
- a hub mounted for rotation upon said axle,
- a plurality of tubular spokes radially mounted at proximal ends upon said hub and radiating away from said hub to distal ends, said plurality of tubular spokes having an imaginary twelve o'clock to six o'clock to twelve o'clock positions about said hub, and
- an air chamber mounted upon the distal ends of each of said plurality of tubular spokes for selectively receiving air under a pressure greater than ambient air pressure and selectively evicting air under pressure from said air chamber;
- a source of air under pressure greater than ambient air pressure surrounding said fluid tank;
- an air inlet passage extending through said axle and connected to said source of air under pressure greater than ambient air pressure surrounding said tank for inducting air under pressure into said air chambers as said power

wheel rotates and said tubular spokes are brought into registry with said air inlet passage;

an air outlet port extending through said axle for evicting air under pressure away from within said air chambers and away from said fluid tank when said tubular spokes mounted upon said hub of said power wheel rotates into registry with said air outlet passage;

and a power output shaft connected to said hub for rotation with said hub and extending through said side wall of said tank for delivering rotary energy to a desired receptor, wherein air under pressure is injected into each of said air chambers when the hub position of each of said radial spokes comes into registry with said air inlet port at approximately just beyond a six o'clock position to create positive buoyancy within said air chambers and induce a clockwise rotary motion of said power wheel within said fluid tank and air under pressure is evicted from said air chambers just beyond a twelve o'clock position when each of said radial spokes comes into registry with said air outlet port extending through said axle to evict air from within said air chamber and permit said air chamber to continue rotation in a clockwise direction back to said air inlet passage.

2. A multi-source passive power generation system as defined in claim 1 and further comprising:

- a solar energy generator for generating direct current;
- a storage battery connected to said solar energy generator;
- an air pump connected to and driven by said storage battery; and
- an accumulator connected to an outlet of said air pump for receiving air from said air pump and being connected to said air inlet passage to deliver air under pressure to said air inlet passage.

3. A multi-source passive power generation system as defined in claim 2 wherein:

- said air outlet passage is connected to an inlet of said air pump.

4. A multi-source passive power generation system as defined in claim 1 and further comprising:

- a weight connected to each of said tubular spokes, said weight serving to facilitate rotation by gravity of each of said tubular spokes from a position following eviction of air pressure from said air chambers to approximately a six o'clock position of said power wheel so that rotatory force of said power wheel is a combination of buoyancy force from approximately induction of air pressure into said six o'clock to twelve o'clock and gravity from approximately twelve o'clock to approximately six o'clock positions of said power wheel.

5. A multi-source passive power generation system as defined in claim 4 and further comprising:

- a cam surface connected to said side wall of said fluid tank and extending from approximately an eleven o'clock position to approximately a two o'clock position to extend said weights mounted upon each of said tubular spokes to a distal position on said spokes to facilitate rotation of said power wheel by gravity from approximately a position following eviction of air from said air chambers to approximately a six o'clock position of said power wheel; and
- a cam surface connected to said side wall of said fluid tank and extending from approximately a five o'clock position to approximately an eight o'clock position to contract said weights mounted upon each of said tubular spokes to a proximal position on said spokes to facilitate rotation of said power wheel by buoyancy from approxi-

9

mately a position following induction of air into said air chambers to approximately an eleven o'clock position of said power wheel.

6. A multi-source passive power generation system as defined in claim 4 and further comprising:

a cam surface connected to said side wall of said fluid tank and extending from approximately an eleven o'clock position to approximately a two o'clock position to extend said weights mounted upon each of said tubular spokes to a distal position on said spokes to facilitate rotation of said power wheel by gravity from approximately a position following eviction of air from said air chambers to approximately a six o'clock position of said power wheel;

a cam surface connected to said side wall of said fluid tank and extending from approximately a five o'clock position to approximately an eight o'clock position to contract said weights mounted upon each of said tubular spokes to a proximal position on said spokes to facilitate rotation of said power wheel by buoyancy from approximately a position following induction of air into said air chambers to approximately an eleven o'clock position of said power wheel;

a generally spherical shell connected to a distal end of each of said tubular spokes of said power wheel and having a plurality of ports throughout the shell surface to permit relative free ingress and egress of fluid from said fluid tank into and out of said generally spherical shell; and a bladder connected to a distal end to each of said tubular spokes and positioned to expand and contract within said generally spherical shell.

7. A multi-source passive power generation system as defined in claim 6 wherein:

there are sixteen tubular spokes, spherical shells and weights comprising said power wheel.

8. A multi-source passive power generation system as defined in claim 4 wherein:

there are sixteen tubular spokes, sixteen air chambers and sixteen weights mounted for translation along said tubular spokes; and further comprising

a continuous race mounted upon the side wall of said fluid tank and being connected to each of said weights and being shaped such that full extension of said weights upon said tubular spokes is realized between approximately a two o'clock and four o'clock position and a full contraction of said weights upon said tubular spokes is realized between approximately a six o'clock and eleven o'clock position of said power wheel within said fluid tank.

9. A multi-source passive power generation system as defined in claim 1 wherein each of said air chambers comprises:

a generally spherical shell connected to a distal end of each of said tubular spokes of said power wheel and having a plurality of ports throughout the shell surface to permit relative free ingress and egress of fluid from said fluid tank into and out of said generally spherical shell; and a bladder connected to a distal end to each of said tubular spokes and positioned to expand and contract within said generally spherical shell.

10. A multi-source passive power generation system as defined in claim 9 wherein:

there are at least four tubular spokes and air chambers connected to said hub of said power wheel.

11. A multi-source passive power generation system as defined in claim 10 wherein:

10

there are sixteen tubular spokes and air chambers connected to said hub of said power wheel.

12. A multi-source passive power generation system as defined in claim 9 and further comprising:

a cylindrical chamber between the distal end of each tubular spoke and an adjacent generally spherical shell; and a weight is positioned for translation within said cylindrical chamber.

13. A multi-source passive power generation system as defined in claim 1 wherein said air chambers comprising:

a first cylindrical shell connected at one end to the distal end of said tubular spoke; and

a second cylindrical shell telescoped into an open end of said first cylindrical shell and having a closed outer end such that said second shell is operable to expand by telescoping upon introduction of air under pressure into said first cylindrical shell and contract upon eviction of air from said first cylindrical shell.

14. A multi-source passive power generation system as defined in claim 13 and further comprising:

a weight mounted upon a proximal end of said second cylindrical shell and being operable to translate as said second cylindrical shell telescopes into said first cylindrical shell.

15. A multi-source passive power generation system comprising:

an open to fluid tank;

an axle mounted within said fluid tank;

a power wheel mounted for rotation upon said axle within said fluid tank, said power wheel having,

a hub mounted for rotation upon said axle,

a plurality of tubular spokes radially mounted at proximal ends upon said hub and radiating away from said hub to distal ends, said plurality of tubular spokes having an imaginary twelve o'clock to six o'clock to twelve o'clock positions about said hub,

and air chamber means mounted upon the distal ends of each of said plurality of tubular spokes for selectively receiving air under a pressure greater than ambient air pressure and selectively evicting air under pressure from said air chamber means to provide buoyancy rotation of said power wheel within said fluid tank;

a source of air under pressure greater than ambient air pressure surrounding said fluid tank;

an air inlet passage extending through said axle and connected to said source of air under pressure for inducting air under pressure into said air chambers as said power wheel rotates;

an air outlet port extending through said axle for evicting air under pressure away from within said air chambers; and

a power output shaft connected to said hub for rotation with said hub and extending from said tank for delivering rotary energy to a desired receptor.

16. A multi-source passive power generation system as defined in claim 15 wherein:

sixteen tubular spokes extend from said hub and are equally spaced about said hub.

17. A multi-source passive power generation system as defined in claim 15 wherein said air chamber means comprises:

a spherical chamber having a plurality of passages through the chamber; and

a bladder positioned within said chamber and operably connected to the distal end of an adjacent tubular spoke.

18. A multi-source passive power generation system as defined in claim 15 wherein said air chamber means comprises:

a cylindrical section and a spherical chamber; and
a bladder positioned within said cylindrical section and 5
being operably connected to the distal end of an adjacent
tubular spoke and operable to extend into said spherical
chamber.

19. A multi-source passive power generation system as defined in claim 15 wherein said air chamber means com- 10
prises:

a pair of opposing and telescoping cylindrical cans.

20. A multi-source passive power generation system as defined in claim 15 and further comprising:

a weight mounted for translation along each of said tubular 15
spokes; and

cam means for guiding translation of each of said weights
mounted upon said tubular spokes.

* * * * *



US008813488B2

(12) **United States Patent**
Gibson et al.

(10) **Patent No.:** **US 8,813,488 B2**

(45) **Date of Patent:** **Aug. 26, 2014**

(54) **POWER GENERATION SYSTEM UTILIZING BUOYANT CHAMBER**

(76) Inventors: **Mark Gibson**, Ayrshire (GB); **Kennedy Ferguson**, Ayrshire (GB); **Donald Briggs**, Ayrshire (GB)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 162 days.

(21) Appl. No.: **13/380,646**

(22) PCT Filed: **Jun. 23, 2010**

(86) PCT No.: **PCT/GB2010/001240**

§ 371 (c)(1),
(2), (4) Date: **Feb. 10, 2012**

(87) PCT Pub. No.: **WO2010/149972**

PCT Pub. Date: **Dec. 29, 2010**

(65) **Prior Publication Data**

US 2012/0131914 A1 May 31, 2012

(30) **Foreign Application Priority Data**

Jun. 23, 2009 (GB) 0910784.8
Jul. 2, 2009 (GB) 0911463.8
Mar. 5, 2010 (GB) 1003658.0

(51) **Int. Cl.**
F03B 17/02 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.**
CPC **F03B 17/02** (2013.01); **F05B 2240/97** (2013.01); **Y02E 10/20** (2013.01)
USPC **60/496**

(58) **Field of Classification Search**
CPC F03B 17/02
USPC 60/495-507, 639
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,054,031 A 10/1977 Johnson
4,326,132 A * 4/1982 Bokel 290/1 R
4,573,319 A * 3/1986 Chichester 60/422
5,485,724 A * 1/1996 Nozawa et al. 60/421
5,899,066 A 5/1999 Brassea-Flores
6,018,947 A 2/2000 DeMarco

(Continued)

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

CA 2328580 A1 * 6/2002
DE 197 30 252 A 1 1/1999

(Continued)

Primary Examiner — Thomas Denion

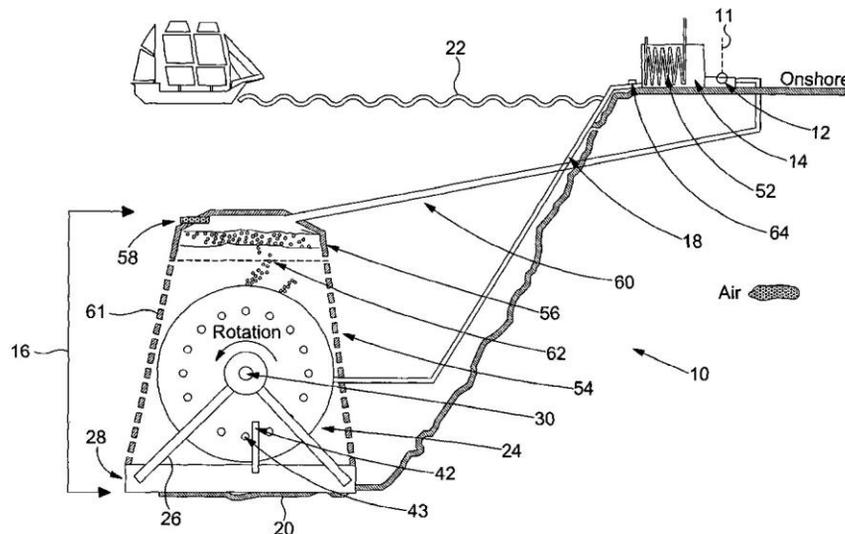
Assistant Examiner — Mickey France

(74) *Attorney, Agent, or Firm* — Young Basile Hanlon & MacFarlane P.C.

(57) **ABSTRACT**

A system for generating power is described. The system comprises a gas compressor, a reservoir for storing compressed gas and an apparatus adapted to be located within a body of a liquid. The apparatus comprises at least one chamber in fluid communication with the compressed gas reservoir and an output device. In use, a compressed gas is supplied to the/each chamber from the reservoir, the buoyancy of the gas applying an upward force to a portion of the chamber, the upward force moving at least a portion of the chamber from a first position to a second position, the movement of the at least a portion of the chamber adapted to drive the output device to provide a continuous apparatus output. In at least one embodiment of the invention, heat is extracted from the compressed gas for utilization in local heating systems.

29 Claims, 7 Drawing Sheets



(56)

References Cited

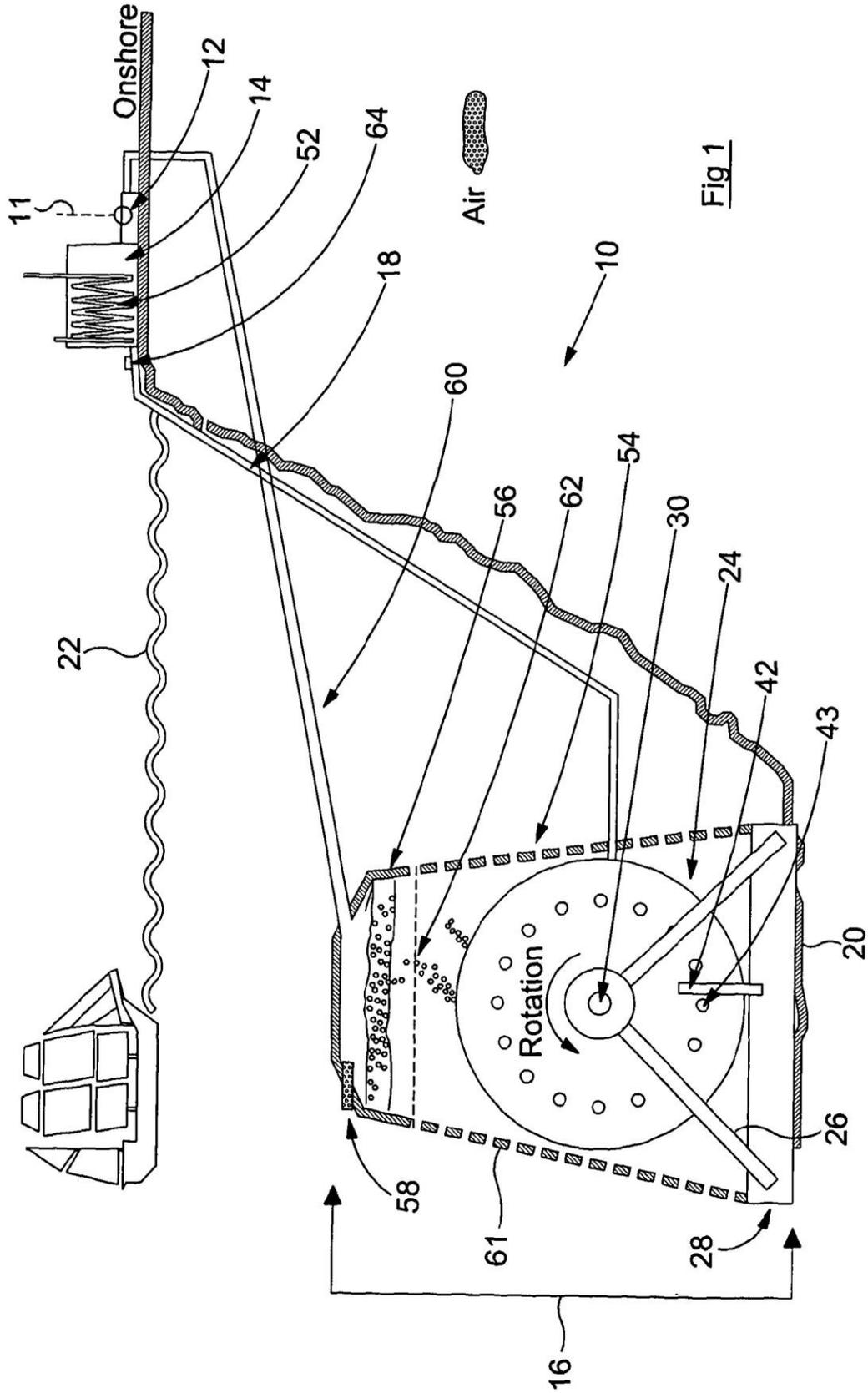
FOREIGN PATENT DOCUMENTS

U.S. PATENT DOCUMENTS

6,990,809	B2	1/2006	Abou-Raphael	
2003/0145589	A1 *	8/2003	Tillyer	60/496
2005/0252206	A1 *	11/2005	Holmevik et al.	60/495
2006/0064975	A1	3/2006	Takeuchi	
2006/0218917	A1 *	10/2006	Abou-Raphael	60/495
2008/0083222	A1 *	4/2008	Hubert	60/698
2008/0264056	A1	10/2008	Tung	

EP	1566542	A1	8/2005
FR	2 864 174		6/2005
FR	2864174	*	6/2005
GB	2337089	A	11/1999
WO	9636810	A1	11/1996
WO	2007/140583		12/2007
WO	2008/082221		7/2008
WO	2008129515	A2	10/2008
WO	2011008482		1/2011

* cited by examiner



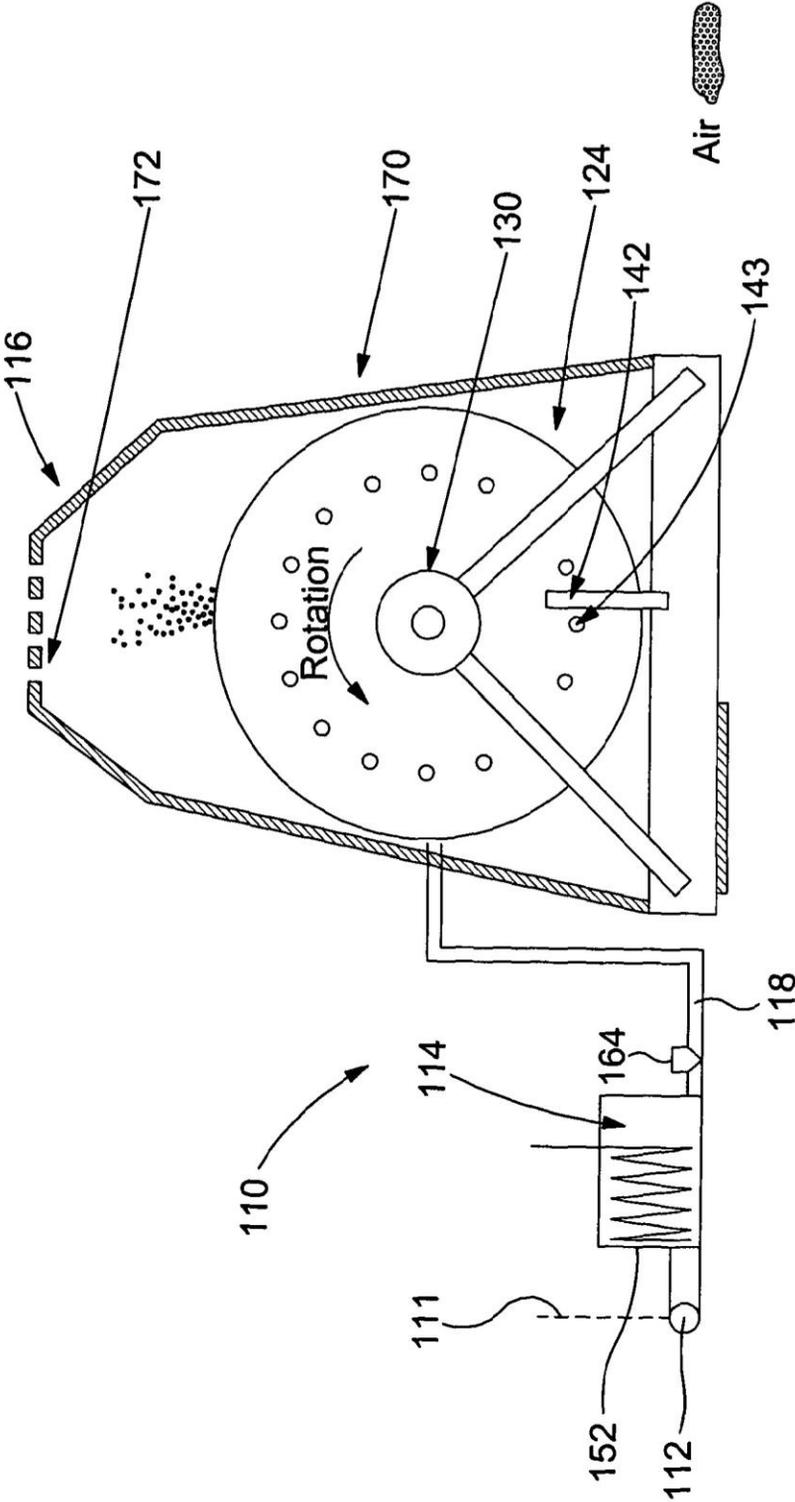


Fig 4

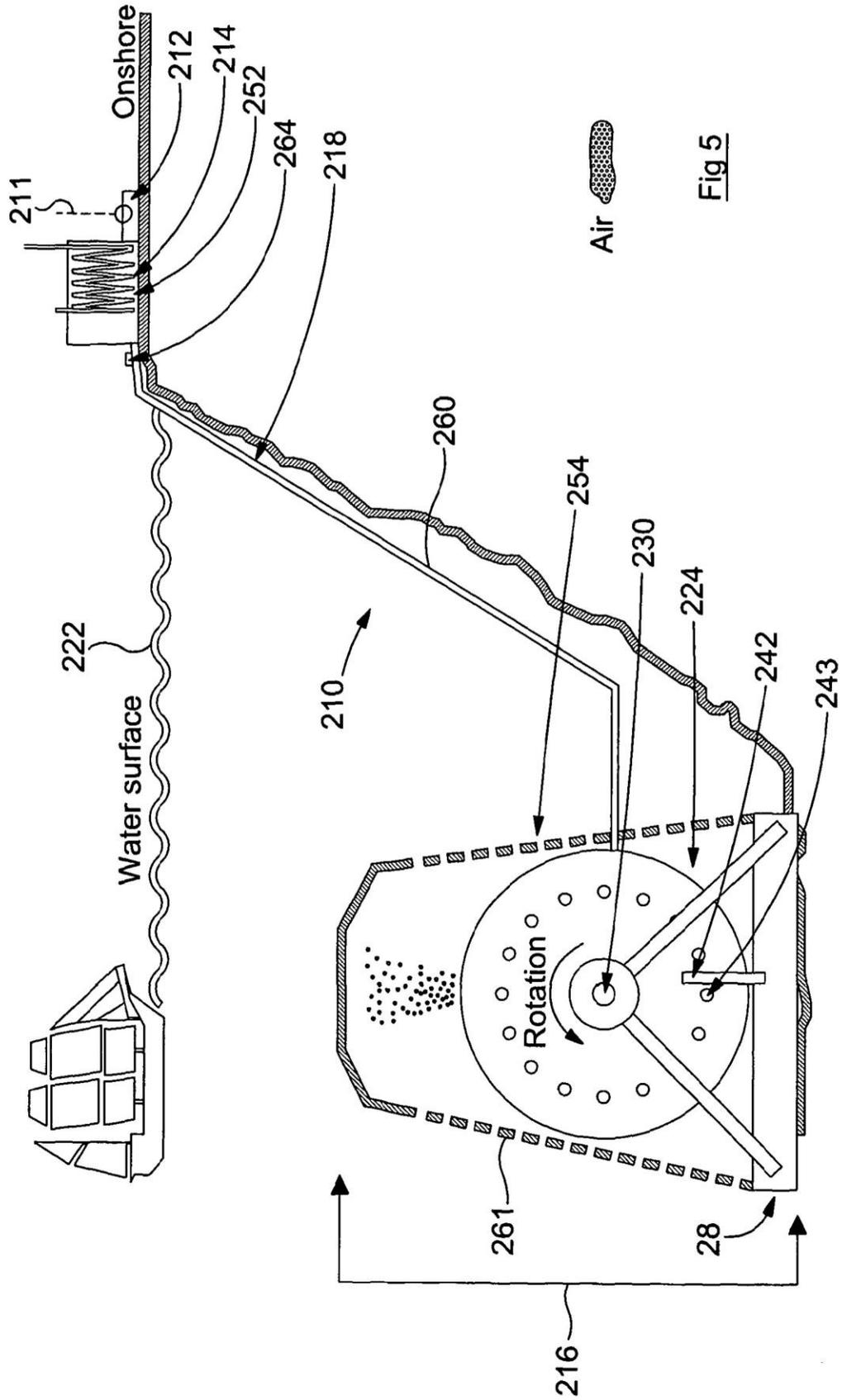


Fig 5

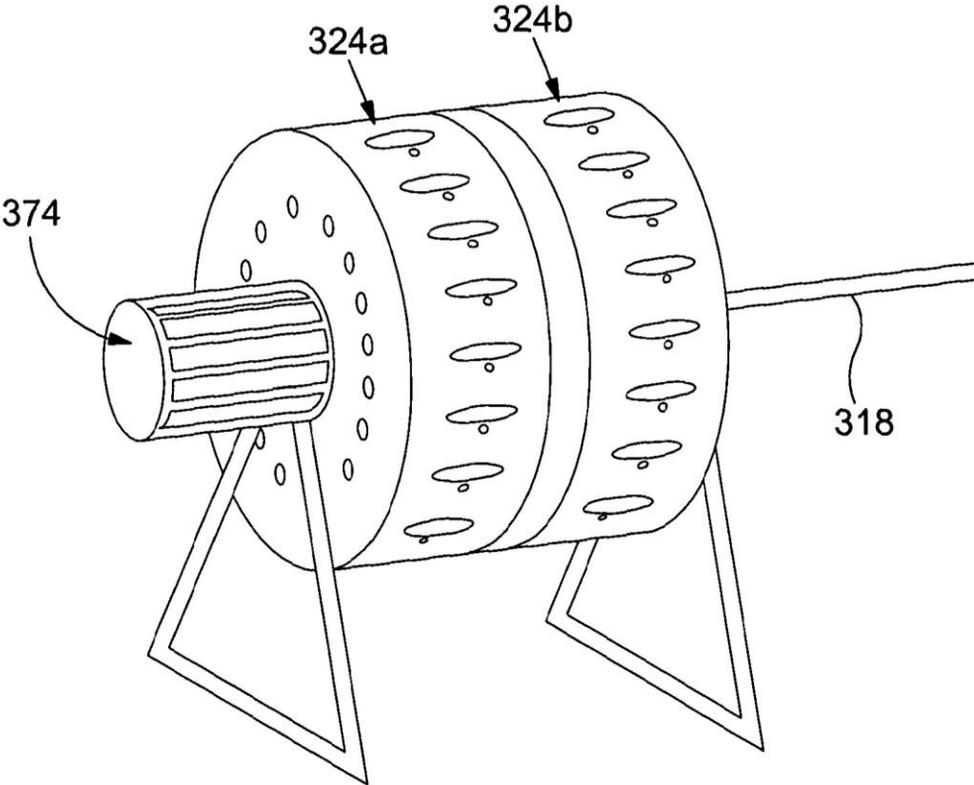
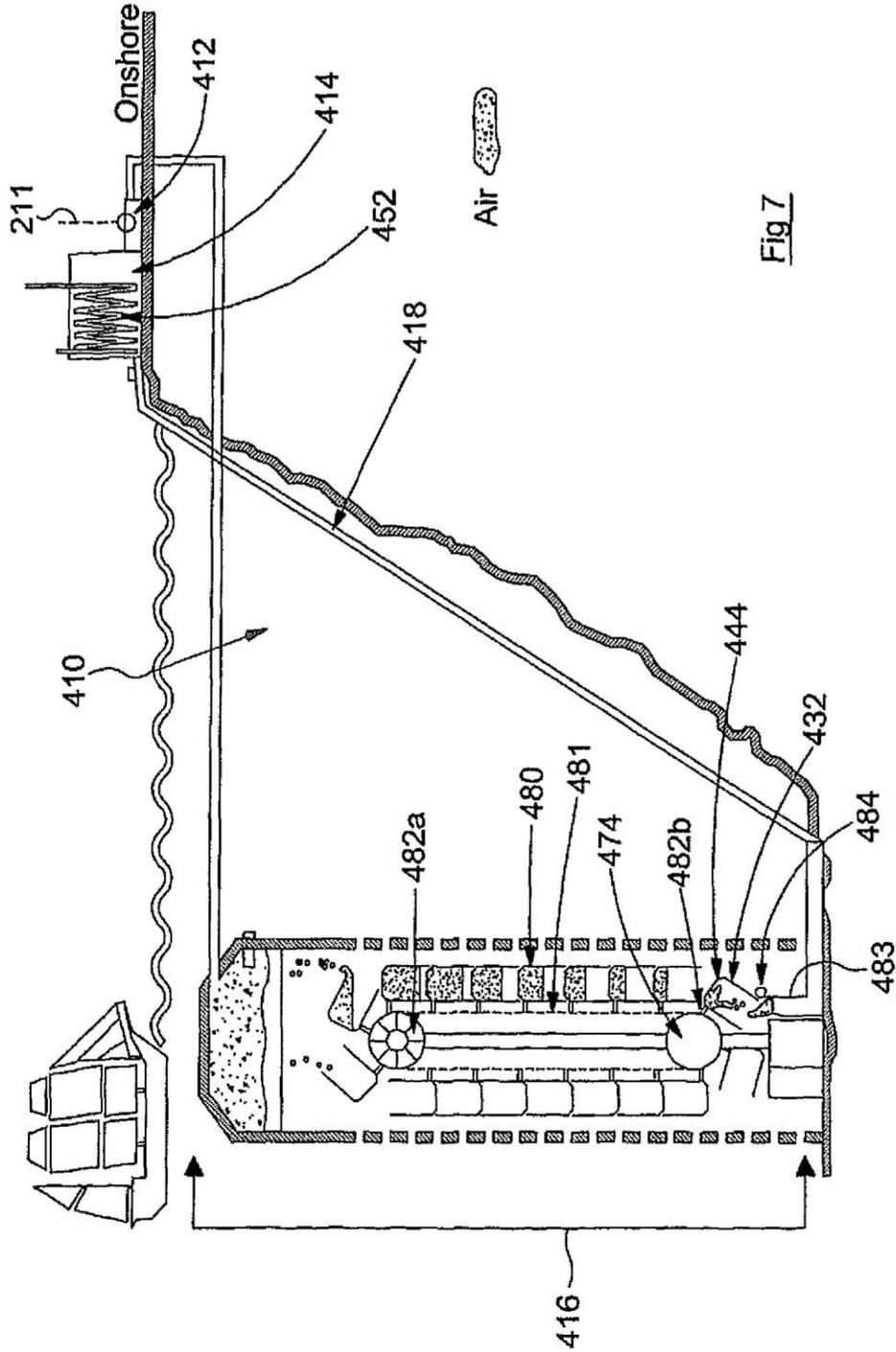
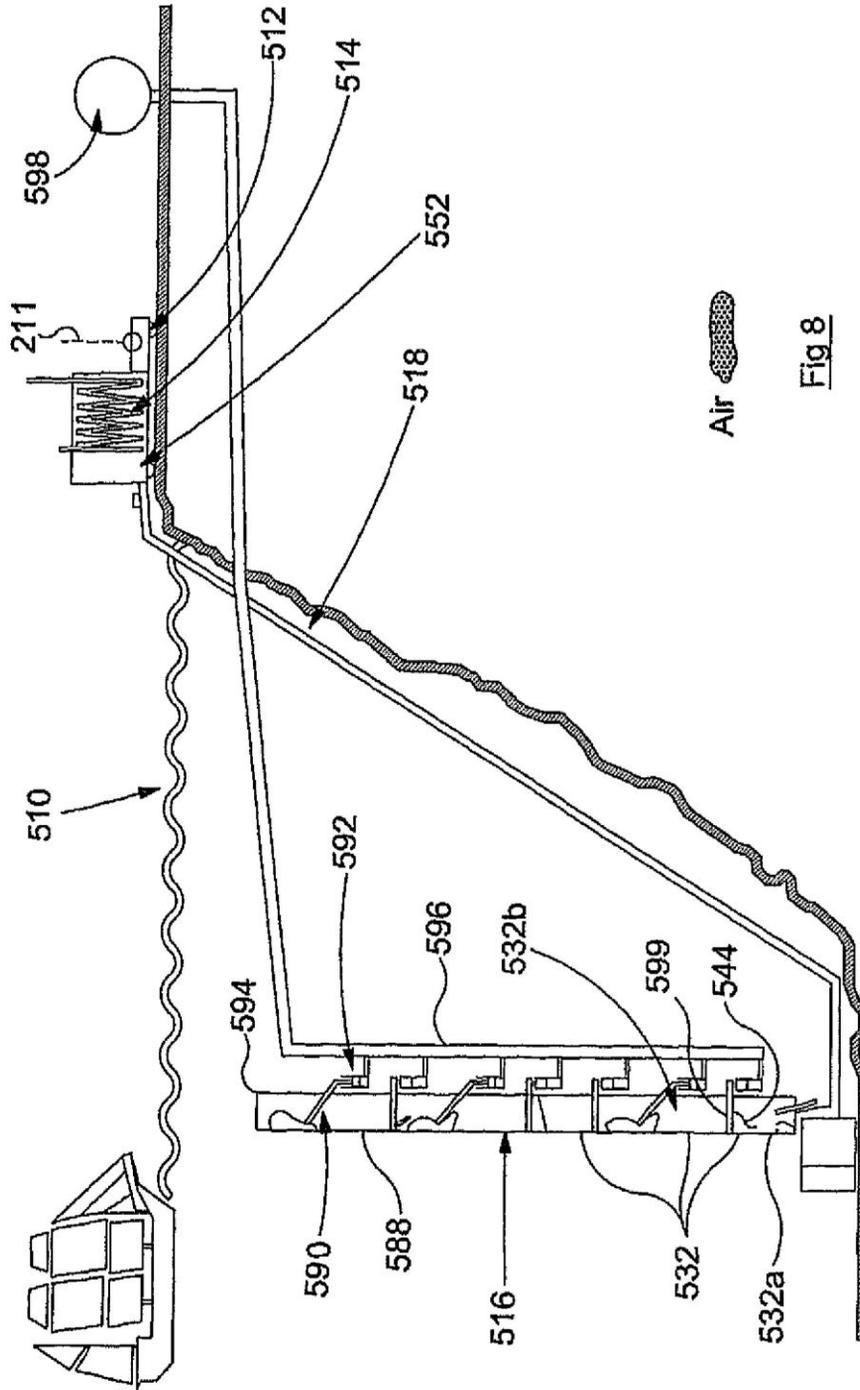


Fig 6





1

POWER GENERATION SYSTEM UTILIZING BUOYANT CHAMBER

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

The following application is a United States national stage application of International Patent Application No. PCT/GB2010/001240, filed on Jun. 23, 2010, which claims the benefit of United Kingdom application no. 1003658.0 filed on Mar. 5, 2010; United Kingdom application no. 0911463.8 filed on Jul. 2, 2009; and United Kingdom application no. 0910784.8 filed on Jun. 23, 2009.

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to a system and a method for generating power. Particularly, but not exclusively, the present invention relates to a system and method of generating heat and power from intermittent power supplies.

BACKGROUND TO THE INVENTION

Alternatives to fossil fuel-based methods of generating power and heating are being implemented globally due to the environmental impact of extracting fossil fuels and the dwindling supplies. Various types of renewable energy generating devices have been proposed. Many of these devices suffer from the disadvantage of only being capable of supplying electricity intermittently. Wind powered turbines are only capable of producing electricity when the wind blows within a certain range of wind speeds. If the wind is too light, there is not sufficient wind to turn the turbine, and if the wind is too strong, use of the turbine in the high wind may damage the turbine.

Devices which utilise tidal power to generate electricity are also well known. These devices can also be intermittent in their supply of electricity. Not only are they dependent on tidal flows, and particularly flows in certain directions, but in the event of failure, they can be expensive to recover and repair. Maintenance delays further exacerbate the problem of intermittent supply.

Commercially, intermittent electricity supplies attract lower wholesale prices than continuous supplies, and accordingly, intermittent supplies such as that provided by wind turbines have to be subsidised to make them economically viable.

Another common problem associated with wind and tidal power systems is, generally, they are not suitable for location near population centres. Accordingly, the electricity they generate has to be transported significant distances, requiring a large infrastructure to be installed, and transmission losses occur.

A further issue with wind and tidal generation is there is no capacity to store the electricity they generate. Not only is the supply of electricity intermittent from these devices, in addition, the time of supply cannot be controlled. Consequently, they could be producing electricity at times of the day when their electricity is not required.

SUMMARY OF THE INVENTION

According to a first aspect of the present invention, there is provided a system for generating power, the system comprising:

- a gas compressor;
- a reservoir for storing compressed gas; and

2

an apparatus adapted to be located within a body of a liquid, the apparatus comprising at least one chamber in fluid communication with the compressed gas reservoir and an output device;

5 wherein, in use, a compressed gas is supplied to the at least one chamber from the reservoir, the buoyancy of the gas applying an upward force to a portion of the chamber, the upward force moving at least a portion of the chamber from a first position to a second position, the movement of the at least one chamber adapted to drive the output device to provide a continuous apparatus output.

In an embodiment to the present invention, a power generation system is provided which harnesses the effect of buoyancy to drive an apparatus output device, for example, rotate a shaft. This output can be utilised to generate electricity. By driving the apparatus from a reservoir of compressed gas, the output can be made continuous. Most advantageously, a non-continuous supply of electricity can be used to compress the gas and fill the reservoir and, if the reservoir is suitably large, a continuous supply of electricity can be generated from a non-continuous source of electricity. Furthermore, use of a reservoir allows electricity generated by intermittent renewable sources to be used, when available, to build up a body of gas in the reservoir, effectively storing the energy produced by the intermittent renewable source. The stored gas can be used to create electricity as and when required.

The output device may comprise an output shaft, movement of at least a portion of the chamber from the first position to the second position resulting in rotation of the apparatus output shaft. The rotating shaft can be attached directly to a generator to produce electricity.

In an alternative embodiment, the apparatus output device comprises a hydraulic system, movement of at least a portion of the chamber from the first position to the second position resulting in an increase of hydraulic pressure within the hydraulic system. An increase in hydraulic pressure can be applied to various devices to generate electricity.

In one embodiment, the apparatus output comprises a plurality of output shafts.

In one embodiment, there are a plurality of chambers.

In this embodiment, the chambers are arranged such that there is always at least one chamber moving between the first and second positions.

In this embodiment, the movement of at least one of the chambers from the first to the second position causes movement of at least one other chamber from the second position back to the first position.

In a preferred embodiment, there are equal numbers of chambers moving from the first position to the second position, as there are chambers moving from the second position back to the first position.

Each chamber may include an inlet and an outlet, the inlet and outlet being different.

The system may further comprise a gas conduit for the supply of gas from the reservoir to the chamber.

The gas conduit may include a pressure regulating valve. A pressure regulating valve may be provided to maintain a constant gas pressure supply to the apparatus. This allows a higher volume and pressure of gas to be stored within the reservoir, reducing the possibility of the gas supply failing.

Compressed gas may be supplied from the gas reservoir to the chamber through the inlet at the first position.

The/each chamber inlet may have a valve.

The valve may be a one-way valve.

65 The/each valve may be adapted to open when the chamber is in the first position and permit the supply of a volume of compressed gas from the gas conduit into the chamber with

which it is associated. Once the volume of compressed gas has been supplied to the chamber, the valve closes or the movement of the chamber displaces the chamber inlet from the gas supply line.

The apparatus may comprise a valve actuator to actuate the/each valve when the chamber is in the first position.

In an embodiment as the chamber moves from the first to the second position, the gas expands expelling liquid through the outlet. The expulsion of liquid through the outlet will create a thrust effect, which further drives the apparatus.

In an embodiment, in an intermediate position, between the first position and the second position, the gas expulsion of the gas commences through the outlet. This may be due to the buoyancy of the gas and the relative position of the outlet to the pocket of gas.

In an embodiment, the chamber defines a volume, the gas, in use, occupying up to 75% of the volume of the chamber prior to reaching the intermediate position.

In an embodiment, the chamber defines a volume, the gas, in use, occupying up to 90% of the volume of the chamber prior to reaching the intermediate position.

In an embodiment when the chamber reaches the second position, all of the gas has been exhausted from the chamber.

In the second position, the chamber may be filled with liquid.

In an embodiment, the apparatus further comprises at least one vent, a vent being associated with each chamber.

The/each vent may be adapted to feed liquid from the body of liquid into the chamber. As the gas exits the chamber, it may try and draw a vacuum. A vent is provided to avoid this.

The vent may be arranged to feed liquid into the chamber, in use, behind the gas whilst the gas is being released through the chamber outlet.

In the first position, the/each chamber inlet may be above the/each chamber outlet, and in the second position, the/each chamber inlet may be below the/each chamber outlet.

In one embodiment, the apparatus further comprises a housing structure.

The chamber may be adapted to move with respect to the housing structure.

The movement of the chamber from the first position to the second position may be a rotational movement, a linear movement or a combination of rotational and linear movements.

The chamber may be attached to a frame, the frame being provided to support the chamber, and transmit movement of the chamber to the output shaft.

The chamber may be fixed to the frame.

In one embodiment as the frame rotates, the chamber rotates with the frame and is fixed relative to the frame. In this embodiment, there are no hinged connections, for example, between the chambers and the frame.

The frame may be a rotor.

The frame may be fixed to the output shaft such that the frame and the output shaft rotates together.

There may be multiple frames attached to a single output shaft.

In one embodiment, the/each chamber outlet is at an obtuse angle to a frame circumferential surface. Particularly, a section of the chamber surface which defines the outlet may be at an obtuse angle to the frame circumferential surface. Such an arrangement maximises a thrust effect, which is generated as the volume of gas expands and forces the fluid out of the chamber.

In one embodiment, as the gas expands in the chamber, the gas absorbs heat from the body of liquid. Such an arrangement injects further power into the system, making the system more efficient.

The apparatus may further comprise a gas recovery device adapted to capture the gas as it is released from the chamber.

The gas recovery device may be in fluid communication with the gas compressor, the gas recovery device being adapted to deliver the recovered gas to the gas compressor. As the gas is released from the chamber, it will still be pressurised to an extent, and it may be recovered through the gas capture device and fed back to the gas compressor inlet. As the gas is pressurised to an extent, this will reduce the amount of work the gas compressor is required to do to bring the gas to the required pressure.

The gas recovery device may include a sensor for sensing the volume of gas and/or the volume of water in the gas recovery device. This information can be fed back to the gas compressor to indicate whether or not sufficient gas has been recovered to maintain the required volume in the reservoir. If sufficient gas has not been recovered, then additional gas will need to be supplied.

The apparatus may include a diffuser. A diffuser may be provided to reduce the level of turbulence in the gas collected by the gas recovery device prior to delivery to the gas compressor.

The gas compressor and/or the reservoir may include a heat exchanger. As the gas is compressed and the temperature rises, heat can be extracted from the gas by a heat exchanger and stored. This heat can be used in, for example, local heating systems.

The power generation system may include a vessel adapted to receive the apparatus and house a body of liquid. Operating the apparatus within a vessel allows the system to be implemented in a population centre rather than in a remote environment. Locating the system close to centres of population reduces the transmission losses and heat losses (if heat is recovered), which can occur moving electricity and heat over large distances.

The gas recovery device may be connected to the vessel.

In one embodiment, the system further comprises an intermittent power source for driving the gas compressor. An intermittent power source, such as wind turbines, can be used when available to drive the gas compressor and fill or top up the gas reservoir. As long as the gas reservoir is maintained at above a minimum operational fill level, the system will produce a continuous supply of electricity.

In this embodiment or an alternative embodiment, the system further comprises a continuous power source for driving the gas compressor. It may be decided to use a continuous power source to drive the gas compressor. This may be advantageous in a situation where the gas compressor can be driven at times when the electricity is cheap (such as at night) to build up a volume of gas in the reservoir which can then be used to generate electricity when electricity is expensive.

According to a second aspect of the present invention, there is provided a method of generating power, the method comprising the steps of:

supplying a compressed gas from a reservoir to an apparatus located within the body of a liquid;

supplying the compressed gas to at least one apparatus chamber at a first position, the buoyancy of the gas applying an upward force to a portion of the chamber, the upward force moving at least a portion of the chamber to a second position; utilising the movement of the/each chamber portion to continuously drive an apparatus output.

According to a third aspect of the present invention, there is provided an apparatus for use in a power generation system, the apparatus comprising:

a housing;
an output shaft; and

5

a plurality of chambers mounted to the output shaft, each chamber having an inlet and an outlet, the inlet and the outlet being different, each chamber being movable with respect to the housing, from a first position to a second position;

wherein, in use, when a chamber is in the first position, a volume of compressed gas is supplied to the chamber through the housing inlet, the buoyancy of the gas applying an upward force to the chamber, moving the chamber from the first position to the second position, as the chamber moves to the second position, the gas expands and exits the chamber through the chamber outlet.

In an embodiment of the present invention, providing both an inlet and an outlet to each chamber allows the gas to pass through the chamber efficiently.

In an embodiment, each chamber is vented. A vent is provided to avoid the exits of the gas pulling a vacuum.

According to a fourth aspect of the present invention, there is provided a method of generating a rotational output, the method comprising the steps of:

providing an apparatus comprising a housing, an output shaft and a plurality of chambers mounted to the output shaft;

supplying a compressed gas to an apparatus chamber through a chamber inlet, the buoyancy of the gas applying an upward force to the chamber, the upward force moving the chamber from a first position to a second position, as the chamber moves to the second position, the gas expands and exits through a chamber outlet; and

utilising the movement of each chamber from the first position to the second position to drive an output shaft.

According to a fifth aspect of the present invention, there is provided a method of generating power, the method comprising:

compressing a gas to a first pressure and a first temperature; extracting heat from the gas to reduce the gas temperature to a second temperature;

supplying the gas to an apparatus chamber, the apparatus being located within a fluid at a second pressure and a third temperature, the first pressure being higher than the second pressure and the third temperature being lower than the second temperature;

permitting the gas to expand within the chamber, such that as the gas expands, the gas applies an upward force to the chamber due to buoyancy, the apparatus being arranged such that the upward force is harnessed by the apparatus to produce an output.

In an embodiment of the present invention, expanding the gas in a chamber surrounded by liquid at a higher temperature will cause a heat transfer from the surrounding liquid into the gas. This is a useful way of extracting heat from, for example, the sea.

In one embodiment, the output is continuous.

In one embodiment, the method further comprises the step of providing a gas compressor powered by an intermittent source of power.

Alternatively, the method may comprise the step of providing a gas compressor powered by both an intermittent source of power.

Alternatively, the method may comprise the step of providing a gas compressor powered by both an intermittent source of power and a continuous source of power.

The method may further comprise the step of storing the compressed gas in a gas reservoir.

The gas may be supplied to the apparatus chamber from the gas reservoir.

According to a sixth aspect of the present invention, there is provided a method of generating power, the method comprising the steps of:

6

utilising an intermittent supply of power to compress a gas; storing the compressed gas in a reservoir;

using the compressed gas to drive an apparatus having a continuous output; and

using the continuous output to generate a continuous electrical supply.

In one embodiment, such an arrangement permits electricity to be generated continuously from non-continuous sources of power.

The method may further comprise the step of utilising a continuous supply of power to compress the gas.

The method may further comprise the step of recovering the heat from the compressed gas by means of a heat exchanger.

According to a seventh aspect of the present invention, there is provided an apparatus for compressing gas, the apparatus comprising:

a gas compressor;

a reservoir of restoring compressed gas; and

a heat exchanger for extracting heat from the compressed gas.

It will be understood that preferred or alternative features listed in connection with one aspect may equally be applied to other aspects, if appropriate, and have not been repeated for brevity.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Embodiments of the present invention will now be described with reference to the accompanying drawings in which:

FIG. 1 is a schematic of a power generation system according to a first embodiment of the present invention;

FIG. 2 is a schematic of a section through the drum of FIG. 1;

FIG. 3 is a schematic of a section through a chamber of the drum of FIG. 2;

FIG. 4 is a schematic of a power generation system according to a second embodiment of the present invention;

FIG. 5 is a schematic of a power generation system according to a third embodiment of the present invention;

FIG. 6 is a perspective view of an apparatus for use in the power generation system of FIG. 1 according to a fourth embodiment of the present invention;

FIG. 7 is a schematic of a power generation system according to a fifth embodiment of the present invention; and

FIG. 8 is a schematic of a power generation system according to a sixth embodiment of the present invention.

DETAILED DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Reference is firstly made to FIG. 1, a schematic of a system for generating power, generally indicated by reference numeral 10, according to a first embodiment of the present invention. The power generation system 10 generates power from non-continuous sources of power and, in addition, generates heat for use in local heating systems.

The power generation system 10 comprises a gas compressor 12 supplying a reservoir 14 for storing compressed gas, in this case compressed air. The gas compressor 12 is powered by non-continuous sources of power such as wind turbines (not shown) and, if required, continuous sources of power such as is available from the National Grid. The incoming power is supplied to the gas compressor 12 through a connector 11. The reservoir 14 is connected to a subsea apparatus 16 via a gas pipe 18. The apparatus 16 is located on the seabed 20 beneath the water surface 22. The gas pipe 18 includes a

pressure-regulating valve **64** adapted to maintain a constant air pressure supply to the apparatus **16**, thereby allowing a higher volume and pressure of air to be stored within the reservoir **14**.

The apparatus **16** comprises a frame **24** which is attached to an output shaft **30**, the output shaft **30** being rotationally mounted to a structure **26**. The structure **26** is attached to an apparatus base **28**.

Referring to FIG. 2, a schematic view of a section through the frame **24**, the frame **24** comprises sixteen chambers **32**, each chamber has an inlet **34** and an outlet **36**. The chamber inlets **34** are connected to a gas supply line **38** which, in turn, is connected to the reservoir **14** via the gas pipe **18**.

Each of the chamber inlets **34** includes a one-way inlet valve **40** (only shown for one of the chambers **32** on FIG. 2, but shown more clearly on FIG. 3, a schematic of one of the chambers **32** of FIG. 2). Referring back to FIG. 1, the apparatus **16** includes a static trigger **42** and sixteen valve actuators **43**. Each valve actuator **43** is adapted to open an inlet valve **40** upon contact with the static trigger **42**. In one rotation of the frame **24**, the static trigger **42** will engage each actuator once, triggering each inlet valve **40** once.

When the valve actuator **43** opens the inlet valve **40**, a volume of compressed air or gas **44** enters the chamber **32**. Particularly, this is shown in FIG. 2 with respect to the first chamber **32A**. In this first position, the air **44** is compressed and is at a higher pressure than the pressure of the water surrounding the apparatus **16**.

Two effects contribute to the rotation of the frame **24** from this first position. First, the buoyancy of the volume of air **44** provides an upward force against the upper chamber surface **46** and the frame **24**, which creates a rotational force, causing the frame **24** and the output shaft **30** to rotate. The second effect is caused by the expansion of the volume of gas **44**. As the gas expands, the water in the chamber **32A** is forced out of the chamber outlet **36**, creating a thrust force. Referring to FIG. 3, the angle " α " between the frame circumferential surface **48** and the rear surface **51** of the chamber **32** is obtuse to maximise the thrust effect.

As the frame **24** rotates, the volume of air **44** expands to fill up to 90% of the volume of the chamber **32**. Further around the frame **24**, a second chamber **32B** (FIG. 2) has reached this intermediate position, approaching the top of the rotation. At this point, the frame **24** has rotated sufficiently for the volume of gas **44** to be adjacent to the chamber outlet **36**. Continued rotation beyond the intermediate position results in the volume of air **44** escaping from the chambers **32**.

To facilitate the escape of the gas **44**, each of the chambers **32** includes a vent **50**. The vent **50** allows water to flow into the chambers **32** behind the volume of air **44** as the air **44** escapes.

A third chamber **32C** is shown approaching a second position in which the chamber **32C** is full of liquid once more and all of the air **44** has been exhausted. As the frame **24** continues to rotate, the chambers **32** which are filled with liquid move from the second position back to the first position where the process starts again.

Such an arrangement provides a power generation system **10** which harnesses the effect of buoyancy to drive an apparatus output shaft **30**. The rotation of the output shaft **30** can be utilised by, for example, a generator to generate electricity. As the compressed gas is supplied from a reservoir, the supply of electricity can be constant. The gas compressor **12** can compress gas for storage in the reservoir **14** when power is available from intermittent sources of power such as wind turbines or tidal flow turbines. The gas compressor can also be powered by continuous sources of electricity in the event that

the intermittent sources are unavailable and the air supply in the reservoir is depleted. In this way, a continuous output can be achieved from the power generation system **10**.

The power generation system **10** can also be used to generate heat for local heating systems. Referring back to FIG. 1, the reservoir **14** includes a heat exchanger **52**, which is adapted to extract heat from the compressed air. As the air is compressed, the temperature increases, and the heat exchanger can extract this heat. This heat can be used to heat buildings and the like in the vicinity of the power generation system **10**. If sufficient heat is removed from the air in the reservoir **14** such that the temperature of the air is lower than the temperature of the sea water, then during the subsequent expansion of the gas in the chambers **32**, heat will transfer from the seawater into the volume of gas, extracting energy from a renewable source.

The apparatus **16** further includes a cage **54** which supports a gas collector **56**. The gas collector **56** captures the exhaust gases, which are still slightly pressurised, and returns the exhaust gas via a gas return pipe **60** to the gas compressor **12**. The gas collector **56** includes a water level sensor **58**, which provides feedback to the gas compressor **12** that there is insufficient air in the system based on the level of water within the gas collector **56**.

The cage **54** includes a mesh **61** adapted to prevent ingress of sea animals and debris. Attached to the top of the cage **54** is a diffuser **62** for reducing the level of turbulence in the flow of exhaust gas from the frame **24**.

Reference is now made to FIG. 4, a schematic of a system for generating power **110** according to a second embodiment of the present invention. Many of the features of the second embodiment are similar to the first embodiment; however, the second embodiment is land-based rather than a subsea installation.

In this embodiment, the apparatus **116** is housed within a vessel **170** filled with water. The operation of the system **110** is essentially the same as the power generation system **10** of the first embodiment. It will be noted, however, that the vessel **170** has an open top covered by a mesh **172** which prevents the ingress of birds etc. In this embodiment, the exhaust gas is not captured.

FIG. 5 is a schematic of a power generation system **210** according to a third embodiment of the present invention. In this embodiment, once again, the exhaust gases are not captured and are vented surface. The cage **254** is a mesh **261** which encloses the apparatus **216**.

FIG. 6 is a perspective view of an apparatus **316** for use in a power generation system according to a fourth embodiment of the present invention.

The apparatus **316** comprises a first frame **324a** and a second frame **324b**, both connected to the output shaft (not visible). The output shaft is attached to a generator **374** mounted to the apparatus structure **326**. Having multiple frames **324a, b** attached to the one shaft will result in increased torque. By increasing torque, a larger capacity generator can be installed.

FIG. 7 is a schematic of a power generation system **410** according to a fifth embodiment of the present invention. In this embodiment, the apparatus **416** comprises a lift **480**. The lift comprises a chain **481** which wraps around a first pulley **482a** and a second pulley **482b**. Attached to the chain **481** are eighteen chambers **432**. Compressed air is supplied to the apparatus **416** through the gas pipe **418**. As each chamber **432** passes the end of the gas pipe **483**, the chamber **432** opens a hinged valve **484** releasing a volume of compressed air **444** into the chamber **432**.

The volume of air 444 expands, and the buoyancy effect drives the pulleys 482 causing the chain 481 and the chambers 432 to rotate around the pulleys 482. At the top of the rotation, each chamber 432 flips over the upper pulley 482a, and the volume of air 444 is released.

The lower pulley 482b is attached to a generator 474 which generates electricity from the rotation of the lower pulley 482b.

FIG. 8 is a schematic of a power generation system 510 according to a sixth embodiment of the present invention. The apparatus 516 of this embodiment comprises a column 588 divided into seven sequential chambers 532. The upper boundary of each chamber 532 is a hinged flap 590, which is attached to a piston 592.

The system 510 operates as follows. A volume of air 544 is released from the gas pipe 518 into the first chamber 532a. The volume of air 544, under the force of buoyancy, pushes the hinged flap 590 upwards, and the volume of air 544 escapes into the second chamber 532b. The volume of air 544 progresses up the apparatus chambers 532 before exhausting to surface out of the top 594 of the apparatus 516.

Each time a flap 590 is displaced by the volume of air 544, the piston 592 associated with the displaced flap 590 applies pressure to a hydraulic fluid in a hydraulic fluid line 596, which, in turn, drives a generator 598, thereby producing electricity.

Various modifications and improvements may be made to the above-described embodiments without departing from the scope of the invention. For example, although the systems described comprise a single apparatus, multiple apparatuses could be linked to the same generator or the same air reservoir.

The fifth embodiment describes an arrangement in which the chambers are attached to a chain. In some alternative embodiments, the chain could be a belt.

Some embodiments are described as being subsea. They could equally be used in other large bodies of water such as lakes.

The invention claimed is:

1. A system for generating power, the system comprising:
 - a gas compressor;
 - a reservoir for storing compressed gas; and
 - an apparatus adapted to be located within the body of a liquid, the apparatus comprising
 - at least one chamber in fluid communication with the compressed gas reservoir and an output device,
 - wherein the at least one chamber is fixed to a rotor rotatable about an output shaft,
 - wherein, in use, a compressed gas is supplied to the at least one chamber from the reservoir, the buoyancy of the gas applying an upward force to a portion of the at least one chamber, the upward force moving at least a portion of the at least one chamber from a first position to a second position, the movement of the at least a portion of the at least one chamber adapted to drive the output device to provide a continuous apparatus output,
 - wherein the at least one chamber includes an inlet and an outlet, the inlet and outlet being separate,
 - wherein the inlet has at least one valve adapted to open when the at least one chamber is in the first position and permit the supply of a volume of compressed gas into the at least one chamber, wherein the apparatus comprises a valve actuator to actuate the/each valve when the at least one chamber is in the first position,
 - wherein the at least one chamber defines a volume, the gas, in use, occupying up to 90% of the volume of the

at least one chamber prior to reaching an intermediate position wherein expulsion of the gas commences through the outlet, the intermediate position being between the first position and the second position, and wherein as the gas expands in the at least one chamber, the gas absorbs heat from the body of the liquid.

2. The system of claim 1, wherein the output device comprises at least one output shaft, movement of at least a portion of the at least one chamber from the first position to the second position resulting in rotation of at least one output shaft.

3. The system of claim 1, wherein the apparatus output device comprises a hydraulic system, movement of at least a portion of the at least one chamber from the first position to the second position resulting in an increase of hydraulic pressure within the hydraulic system.

4. The system of claim 1, wherein a plurality of chambers are arranged such that there is always at least one chamber moving between the first and second positions.

5. The system of claim 1, wherein the movement of at least one of the chambers from the first to the second position causes movement of at least one other chamber from the second position back to the first position.

6. The system of claim 5, wherein there are equal numbers of chambers moving from the first position to the second position as there are chambers moving from the second position back to the first position.

7. The system of claim 1, wherein the system further comprises a gas conduit for the supply of gas from the reservoir to the at least one chamber.

8. The system of claim 7, wherein the gas conduit includes a pressure regulating valve.

9. The system of claim 1, wherein the system further comprises a gas conduit for the supply of gas from the reservoir to the at least one chamber, and compressed gas is supplied from the gas reservoir to the at least one chamber through the inlet at the first position.

10. The system of claim 1, wherein the at least one chamber inlet has a one-way valve.

11. The system of claim 1, wherein as the at least one chamber moves from the first to the second position, the gas expands expelling liquid through the outlet.

12. The system of claim 1, wherein when the at least one chamber reaches the second position, all of the gas has been exhausted from the chamber, and the at least one chamber is filled with liquid.

13. The system of claim 1, wherein the apparatus further comprises at least one vent, a vent being associated with each chamber.

14. The system of claim 13, wherein the/each vent is adapted to feed liquid from the body of liquid into the chamber, in use, behind the gas whilst the gas is being released through the chamber outlet.

15. The system of claim 1, wherein in the first position, the/each chamber inlet is above the/each chamber outlet, and in the second position, the/each chamber inlet is below the/each chamber outlet.

16. The system of claim 1, wherein the apparatus further comprises a housing structure, wherein the at least one chamber is adapted to move with respect to the housing structure.

17. The system of claim 1, wherein the movement of the at least one chamber from the first position to the second position is a rotational movement, a linear movement or a combination of rotational and linear movements.

18. The system of claim 1, wherein the frame is fixed to the output shaft such that the frame and the output shaft rotates

11

together and, as the frame rotates, the at least one chamber rotates with the frame and is fixed relative to the frame.

19. The system of claim 1, wherein the/each chamber outlet is at an obtuse angle to a frame circumferential surface.

20. The system of claim 1, wherein the apparatus further comprises a gas recovery device adapted to capture the gas as it is released from the at least one chamber.

21. The system of claim 20, wherein the gas recovery device is in fluid communication with the gas compressor, the gas recovery device being adapted to deliver the recovered gas to the gas compressor.

22. The system of claim 20, wherein the gas recovery device includes a sensor for sending a volume of gas and/or a volume of water in the gas recovery device.

23. The system of claim 1, wherein the apparatus includes a diffuser.

24. The system of claim 1, wherein the gas compressor and/or the reservoir includes a heat exchanger.

25. The system of claim 1, wherein the power generation system includes a vessel adapted to receive the apparatus and house a body of liquid.

26. The system of claim 20, wherein the power generation system includes a vessel adapted to receive the apparatus and house a body of liquid, and the gas recovery device is connected to the vessel.

27. The system of claim 1, wherein the system further comprises an intermittent power source for driving the gas compressor.

28. A method of generating power, the method comprising the steps of:

supplying a compressed gas from a reservoir to an apparatus located within the body of a liquid, wherein the apparatus comprises an output device, and at least one chamber fixed to a rotor rotatable about an output shaft, wherein the at least one chamber includes an inlet and an outlet, the inlet and outlet being separate, wherein the inlet has at least one valve adapted to open when the at least one chamber is in a first position and permit the supply of a volume of compressed gas into the at least one chamber, wherein the apparatus comprises a valve actuator to actuate the/each valve when the at least one chamber is in the first position, wherein the at least one chamber defines a volume, the gas, in use, occupying up

12

to 90% of the volume of the at least one chamber prior to reaching an intermediate position, wherein expulsion of the gas commences through the outlet, the intermediate position being between the first position and a second position;

supplying the compressed gas to the at least one chamber at the first position, the buoyancy of the gas applying an upward force to a portion of the at least one chamber, the upward force moving at least a portion of the at least one chamber to the second position; and

utilising the movement of the at least one chamber portion to continuously drive the output device, wherein as the gas expands in the at least one chamber, the gas absorbs heat from the body of liquid.

29. An apparatus for use in a power generation system, the apparatus comprising:

a housing;
an output shaft; and
a plurality of vented chambers mounted to a rotor rotatable about the output shaft,

each chamber having an inlet and an outlet, the inlet and the outlet being separate, each chamber being movable with respect to the housing, from a first position to a second position,

wherein, in use, when a chamber is in the first position, a volume of compressed gas is supplied to the chamber through the inlet via at least one valve,

wherein the apparatus comprises a valve actuator to actuate the/each valve when the chamber is in the first position, the buoyancy of the gas applying an upward force to the chamber, moving the chamber from the first position to the second position, and as the chamber moves to the second position, the gas expands and exits the chamber through the chamber outlet,

wherein the chamber defines a volume, the gas, in use, occupying up to 90% of the volume of the chamber prior to reaching an intermediate position, wherein the gas exits the chamber through the outlet, the intermediate position being between the first position and the second position, and

wherein as the gas expands in the chamber, the gas absorbs heat from a body of liquid.

* * * * *

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
CERTIFICATE OF CORRECTION

PATENT NO. : 8,813,488 B2
APPLICATION NO. : 13/380646
DATED : August 26, 2014
INVENTOR(S) : Gibson et al.

Page 1 of 1

It is certified that error appears in the above-identified patent and that said Letters Patent is hereby corrected as shown below:

In the Specification

1. In Column 5, Line 56, please delete the word “both.”

Signed and Sealed this
Thirtieth Day of December, 2014



Michelle K. Lee
Deputy Director of the United States Patent and Trademark Office



US008347628B2

(12) **United States Patent**
Gerard

(10) **Patent No.:** **US 8,347,628 B2**
(45) **Date of Patent:** **Jan. 8, 2013**

(54) **POWER GENERATION DIRECTLY FROM COMPRESSED AIR FOR EXPLOITING WIND AND SOLAR POWER**

(76) Inventor: **Henry M. Gerard**, Capistrano Beach, CA (US)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 377 days.

(21) Appl. No.: **12/800,671**

(22) Filed: **May 19, 2010**

(65) **Prior Publication Data**

US 2011/0041501 A1 Feb. 24, 2011

Related U.S. Application Data

(60) Provisional application No. 61/274,614, filed on Aug. 18, 2009.

(51) **Int. Cl.**
F01K 25/02 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.** **60/650**

(58) **Field of Classification Search** 60/650,
60/659, 682, 641.8

See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,638,741	A *	5/1953	Putman, Jr.	60/39.17
3,786,631	A *	1/1974	Manning et al.	60/641.1
3,797,247	A *	3/1974	Schwartzman	60/682

3,996,741	A *	12/1976	Herberg	60/398
4,003,786	A *	1/1977	Cahn	376/322
4,100,745	A *	7/1978	Gyarmathy et al.	60/652
4,751,814	A *	6/1988	Farrell	60/39.183
4,885,912	A *	12/1989	Nakhamkin	60/652
5,473,899	A *	12/1995	Viteri et al.	60/684
5,685,155	A *	11/1997	Brown et al.	60/698
6,378,287	B2 *	4/2002	Griffiths	60/39.17
7,086,231	B2 *	8/2006	Pinkerton	60/650
2005/0210878	A1 *	9/2005	Ashikian	60/659
2007/0095069	A1 *	5/2007	Joshi et al.	60/772
2009/0016876	A1 *	1/2009	Senoo et al.	415/199.5
2009/0145103	A1 *	6/2009	Nakhamkin	60/39.182

* cited by examiner

Primary Examiner — Thomas Denion

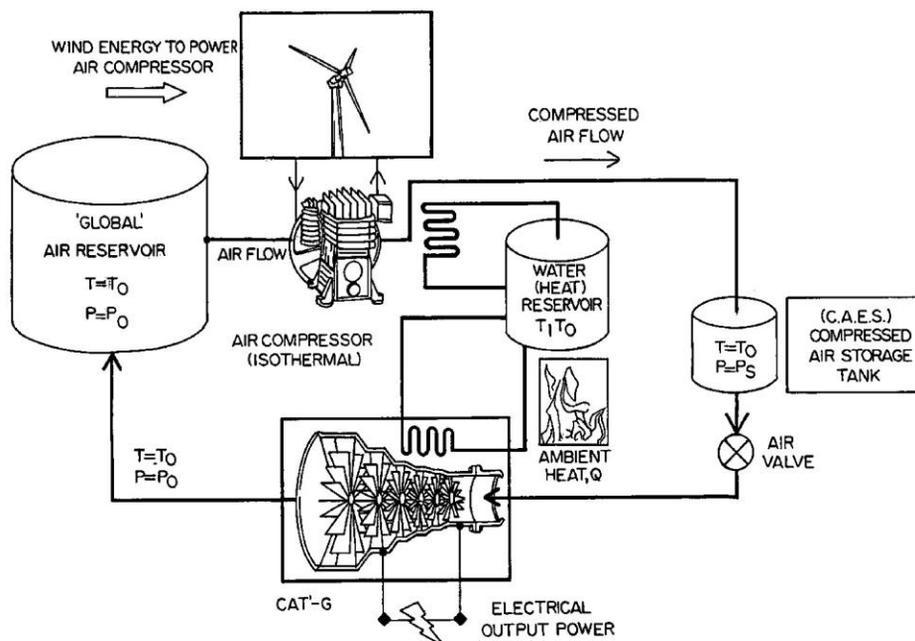
Assistant Examiner — Ngoc T Nguyen

(74) *Attorney, Agent, or Firm* — Leonard Tachner

(57) **ABSTRACT**

This invention relates to a Compressed Air Turbine-Generator, or CAT-G that will enable the ability to manage energy gathered from ecologically friendly sources, such as solar and wind power. Compressed Air Energy Storage, (C.A.E.S.), is a promising mode of clean energy storage. A major challenge facing this technology is the need to efficiently convert the compressed air energy into electricity. Conventionally, high-pressure air is used only to improve the efficiency of a conventional jet powered turbine generator. The focus herein is on a new technology that efficiently converts the energy stored in compressed air directly into electrical power without producing greenhouse byproduct gases or other pollutants. This new capability will add important flexibility to the optimization of ecologically friendly energy systems.

16 Claims, 10 Drawing Sheets



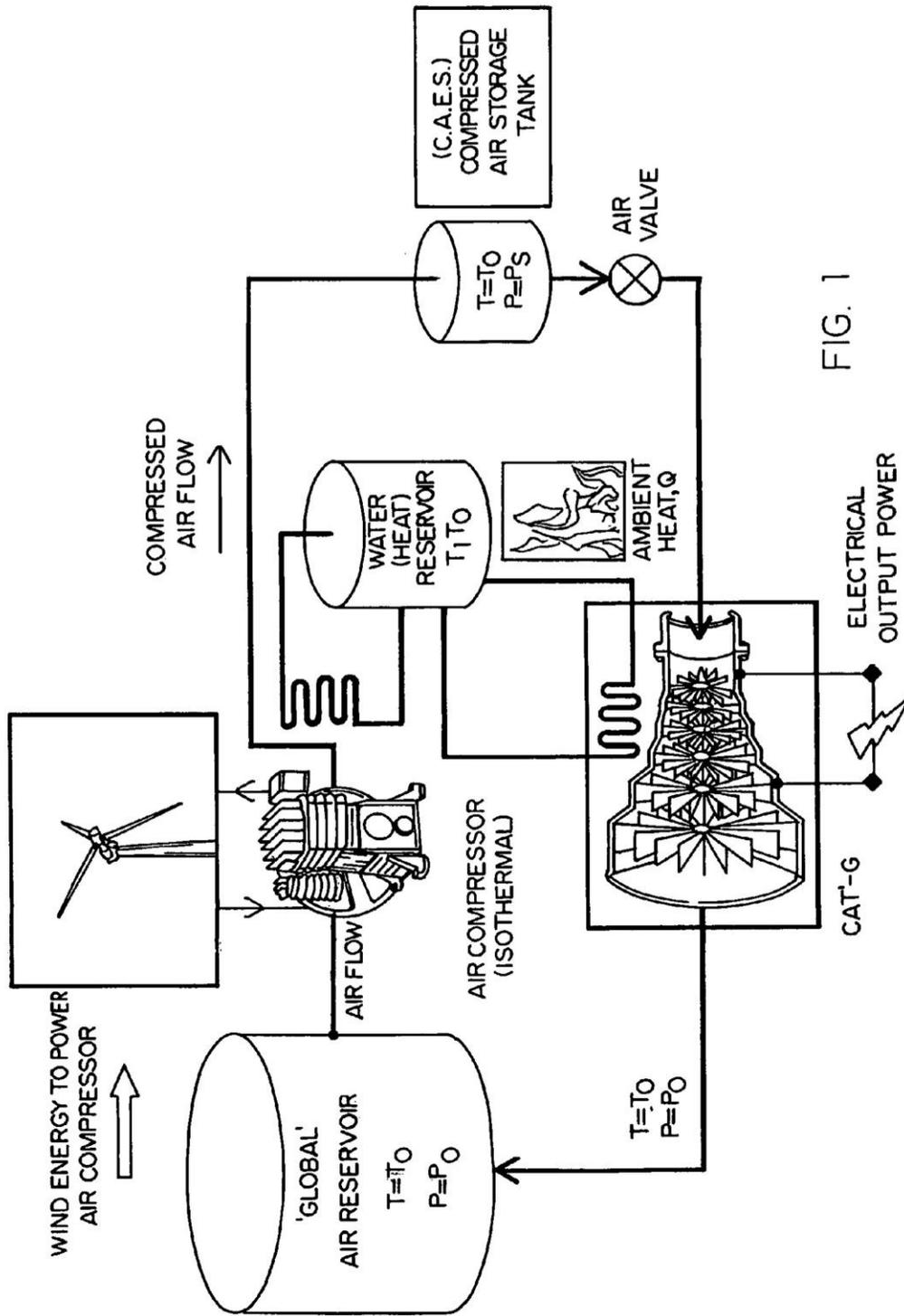


FIG. 1

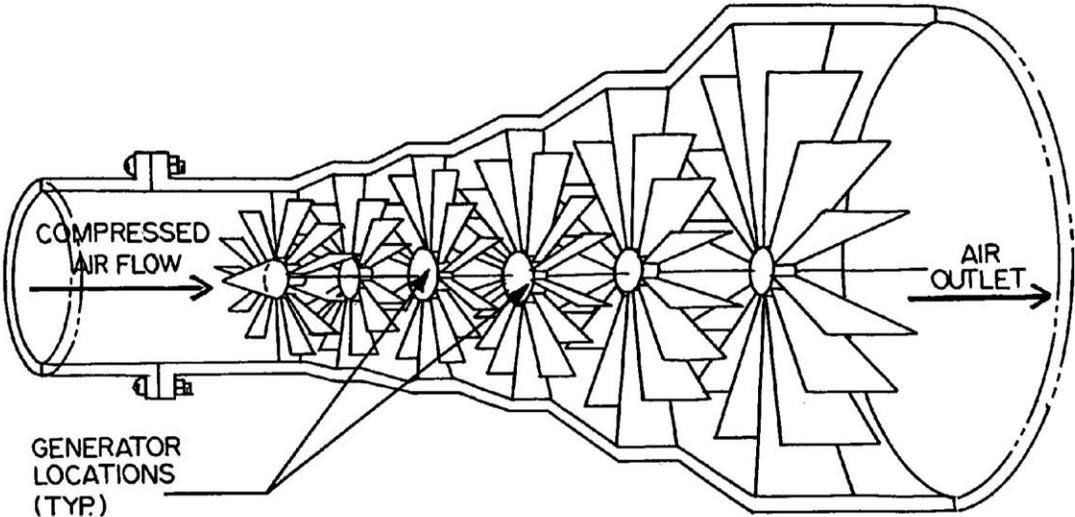


FIG. 2

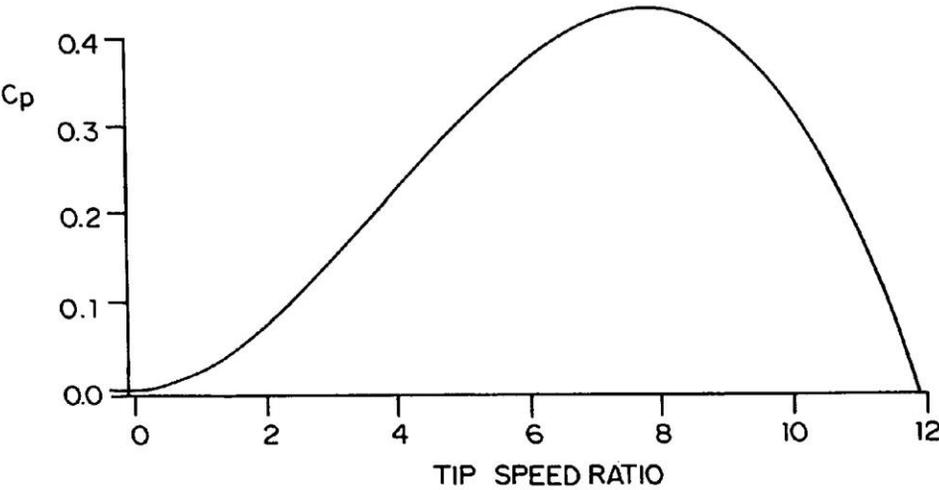


FIG. 3

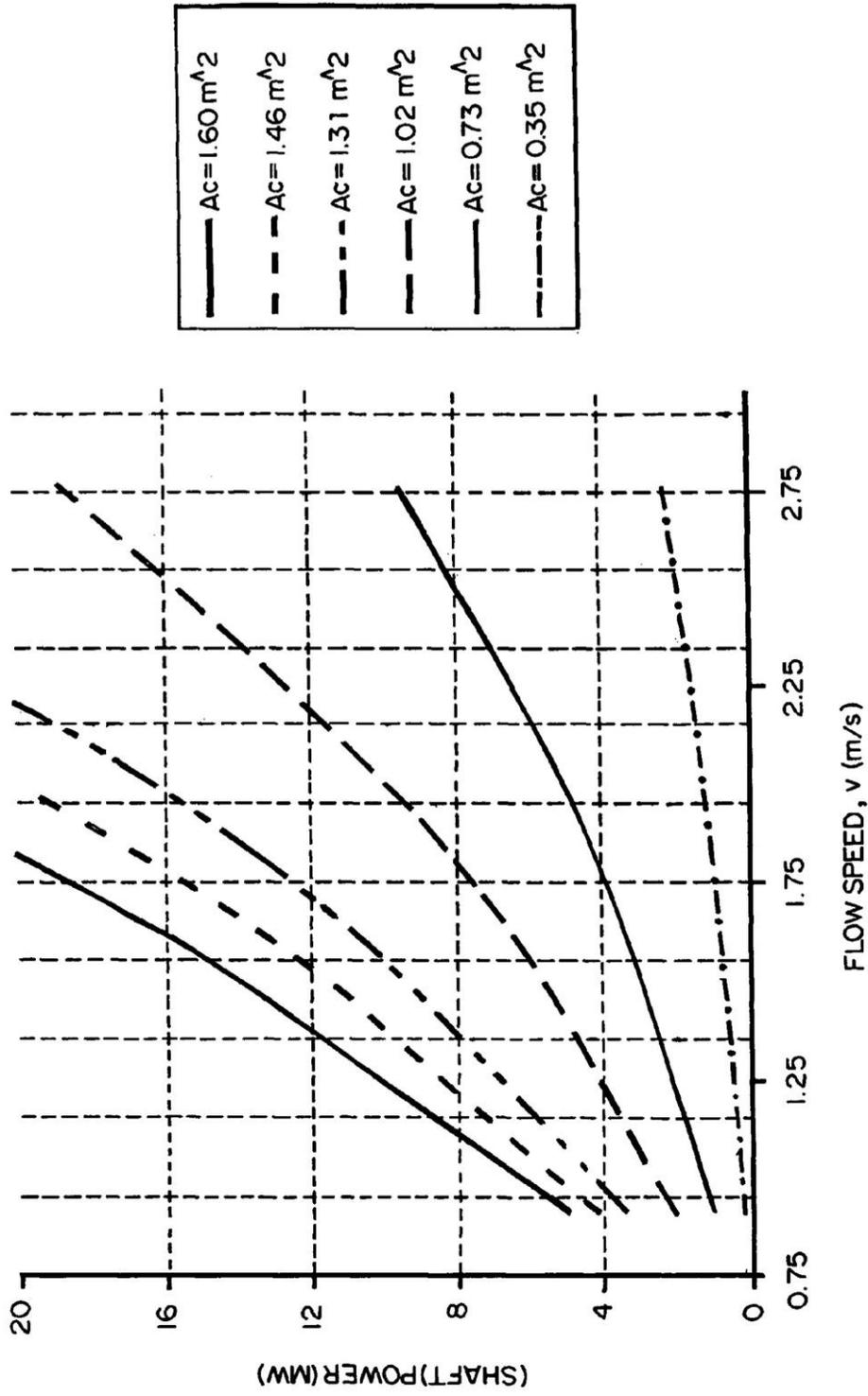


FIG. 4A

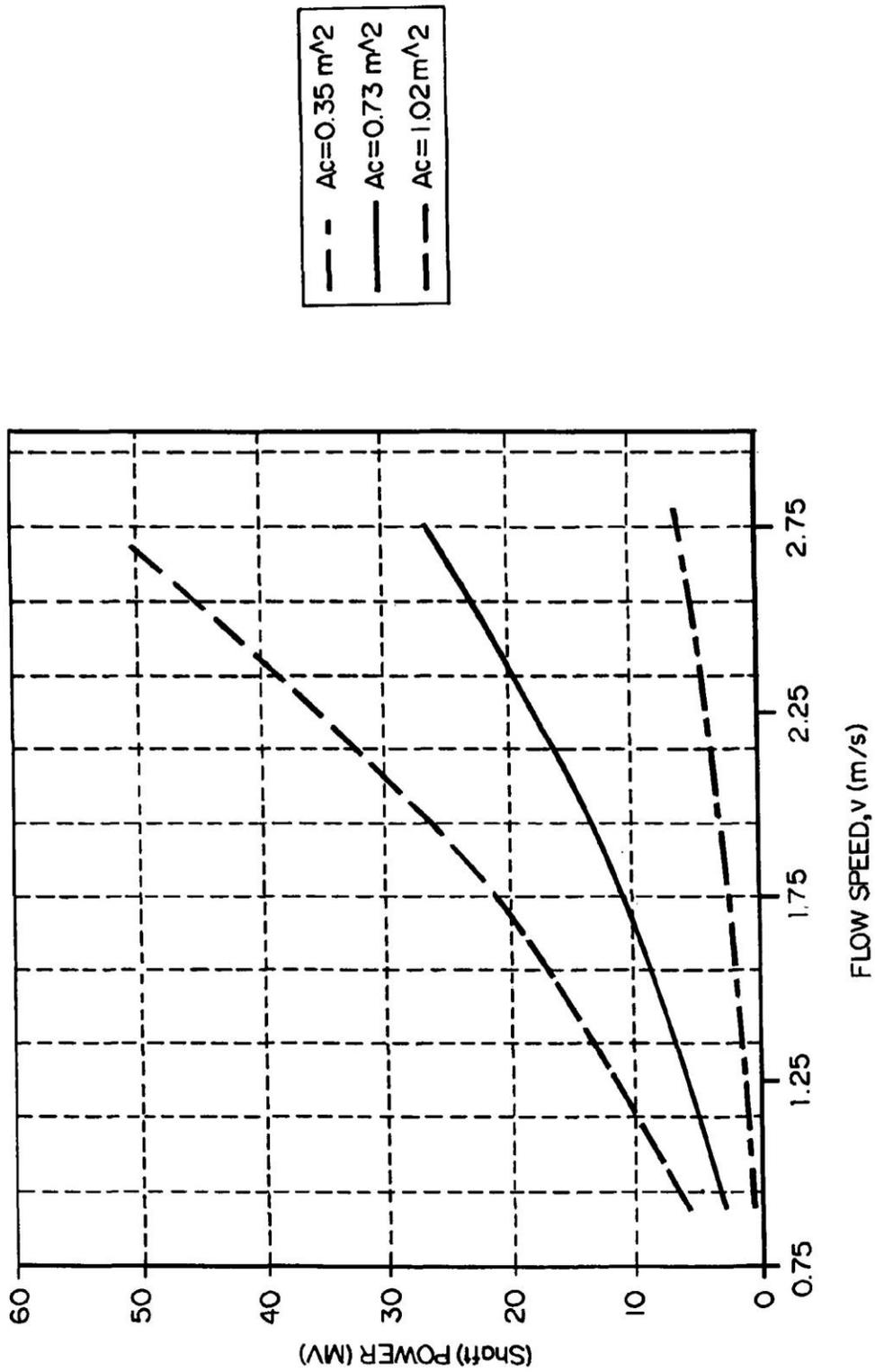


FIG. 4B

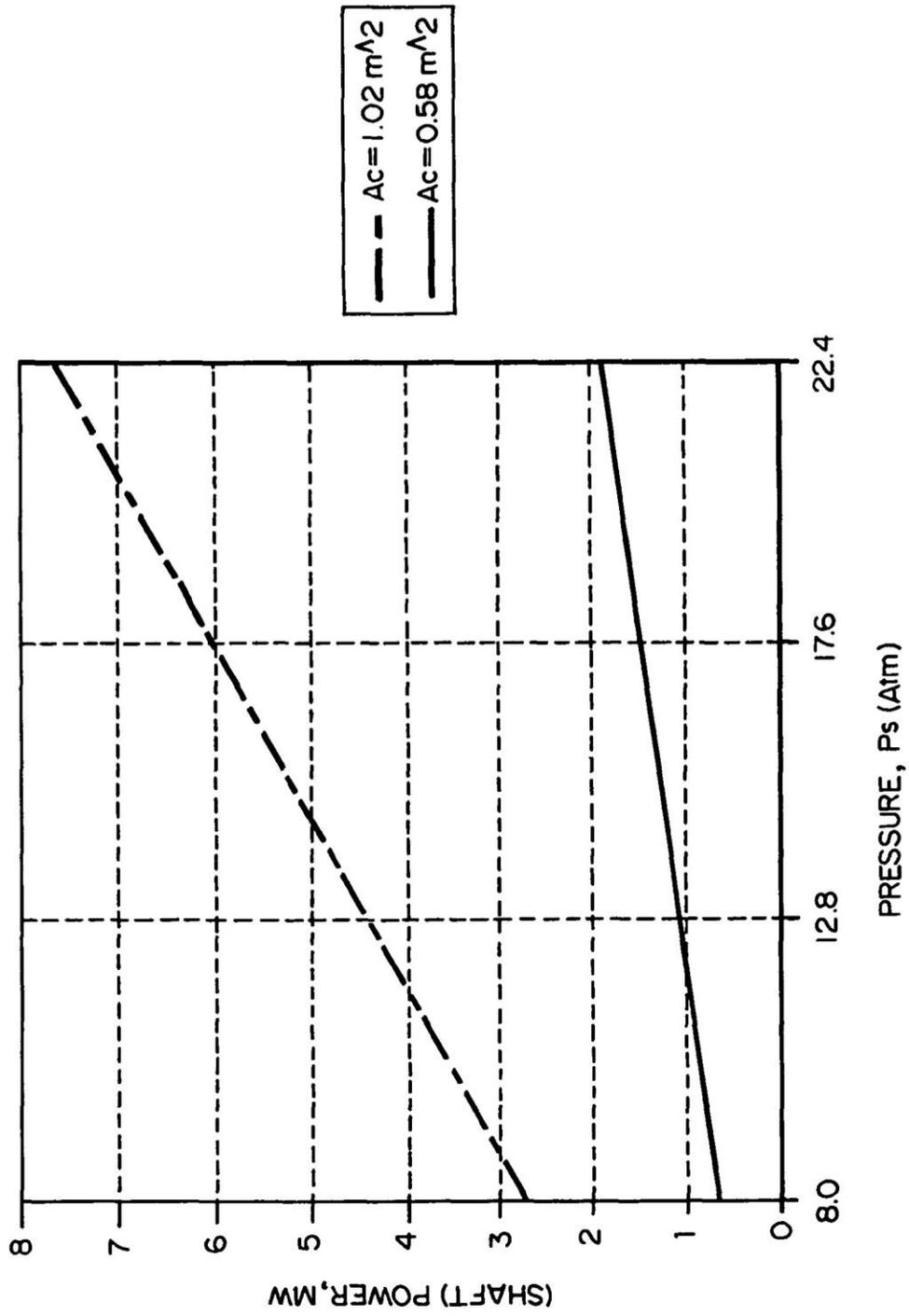


FIG. 5

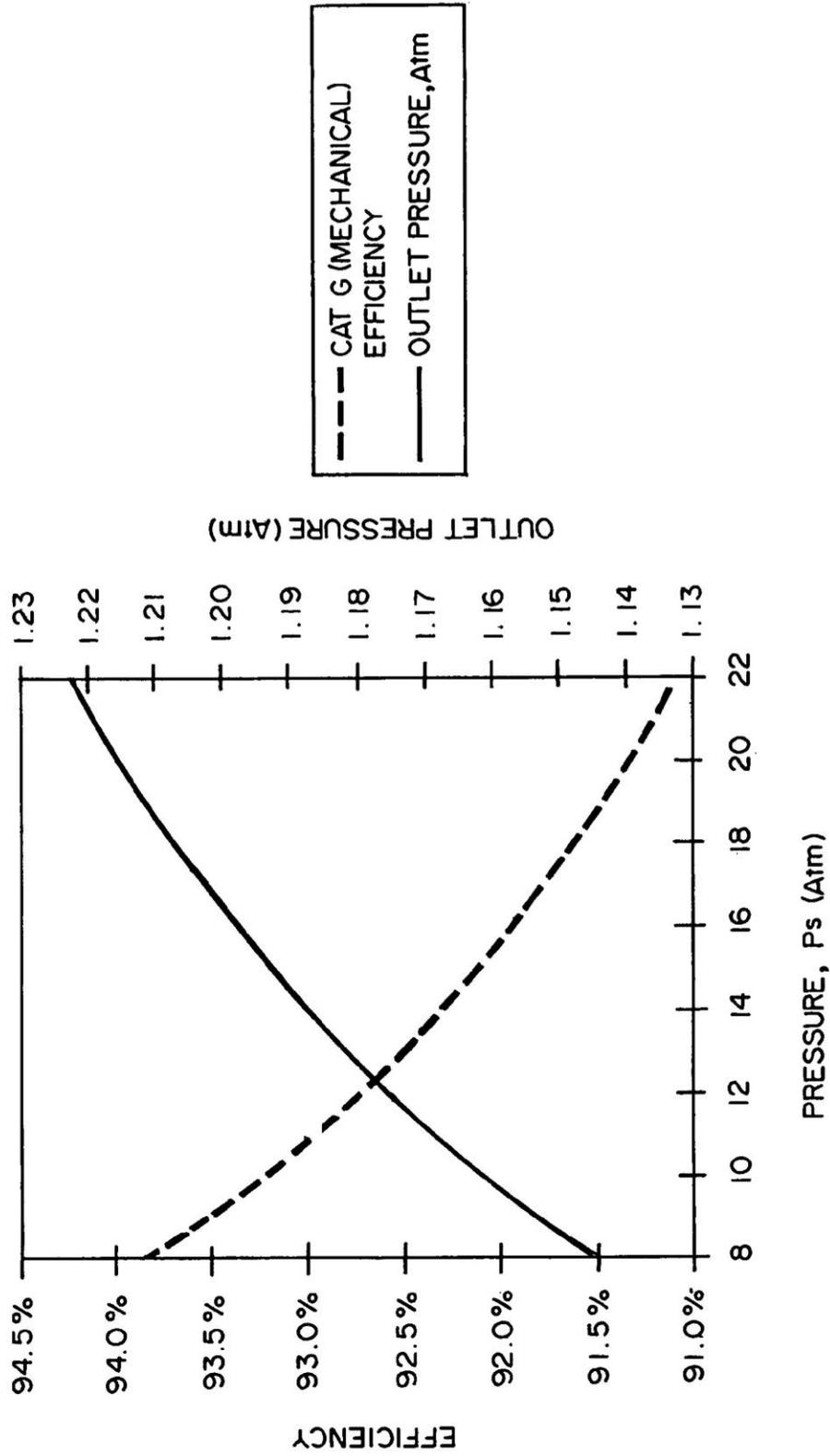


FIG. 6

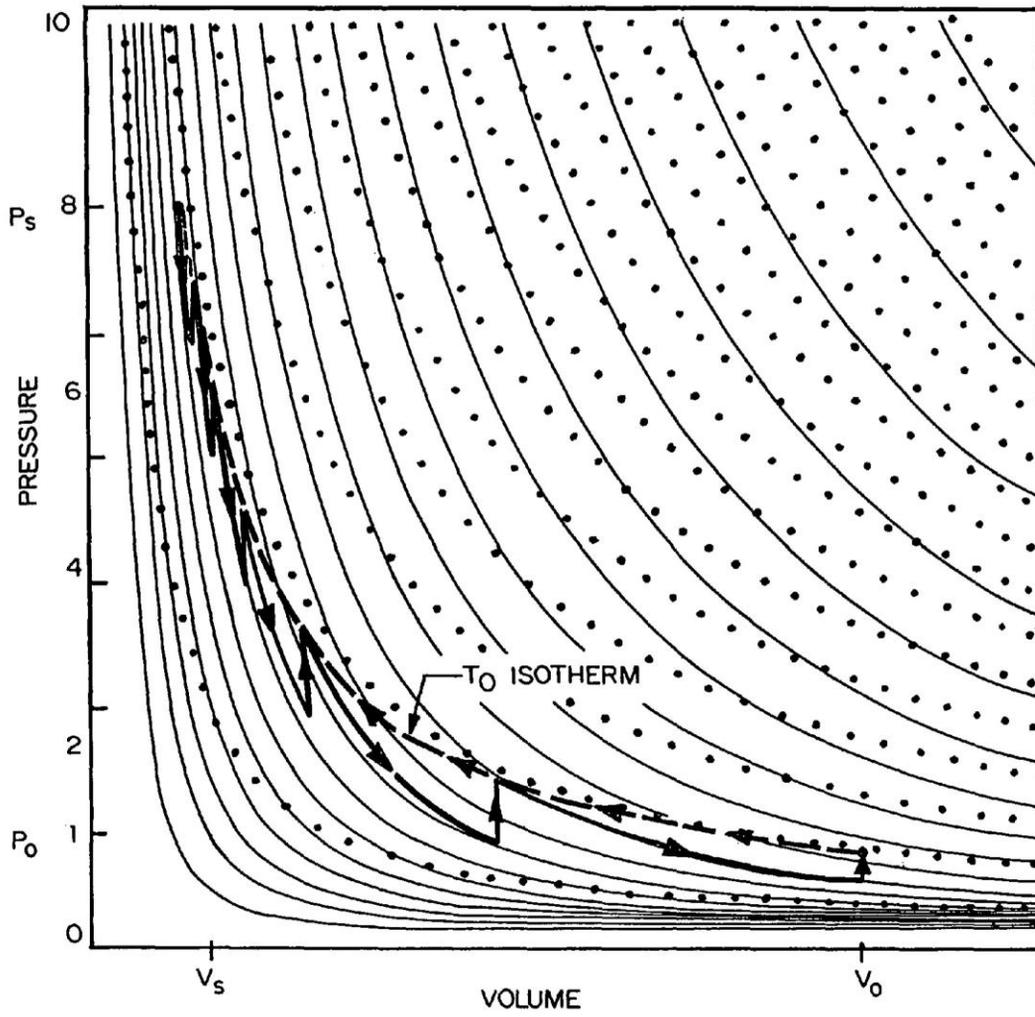


FIG. 7

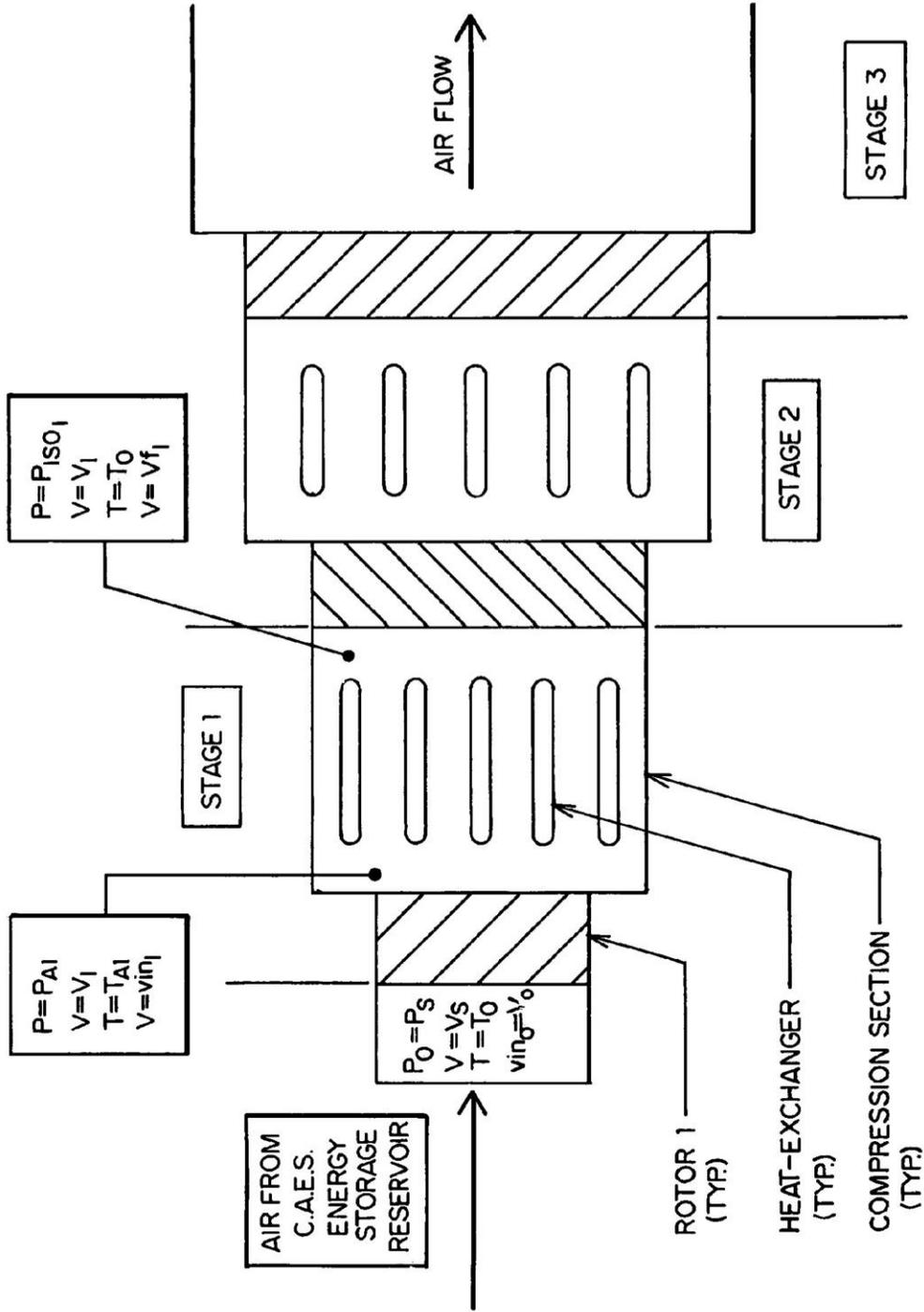
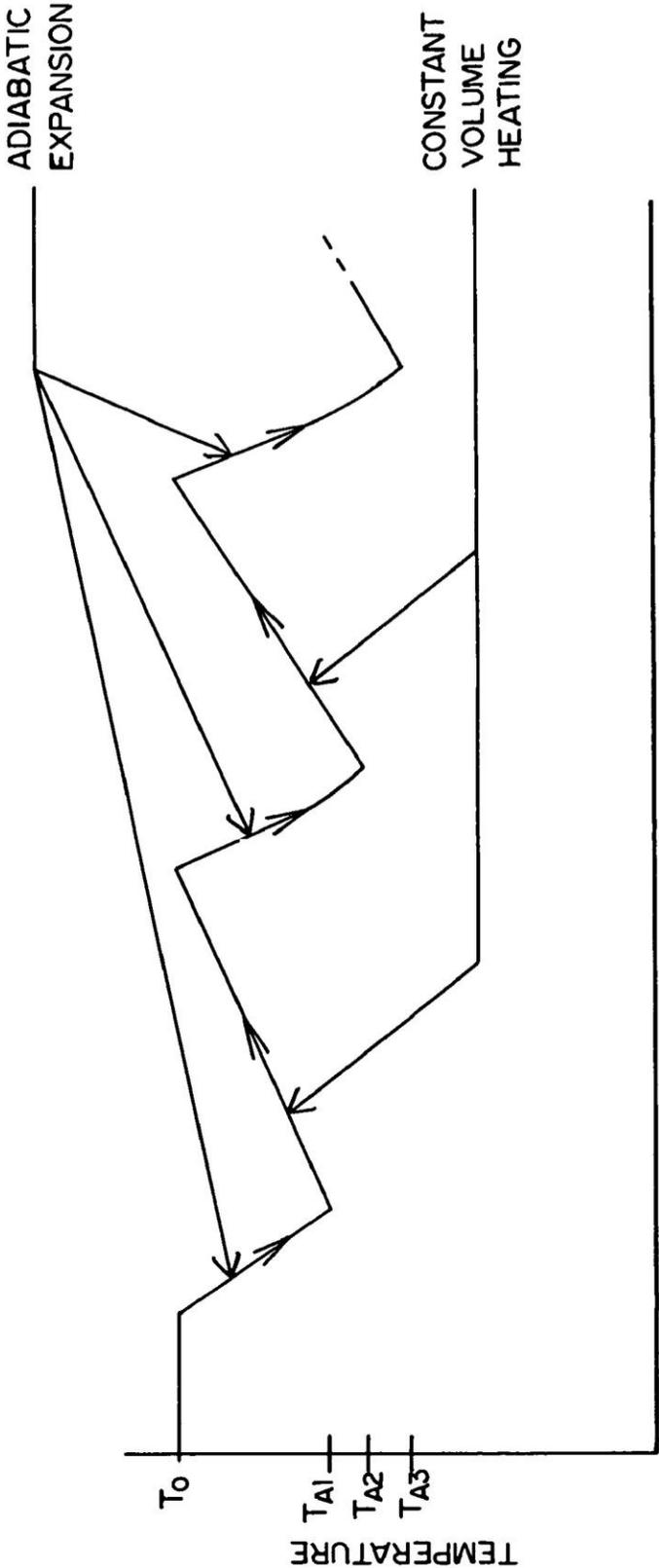


FIG. 8



DISTANCE ALONG CAT-G-AXIS

FIG. 9A

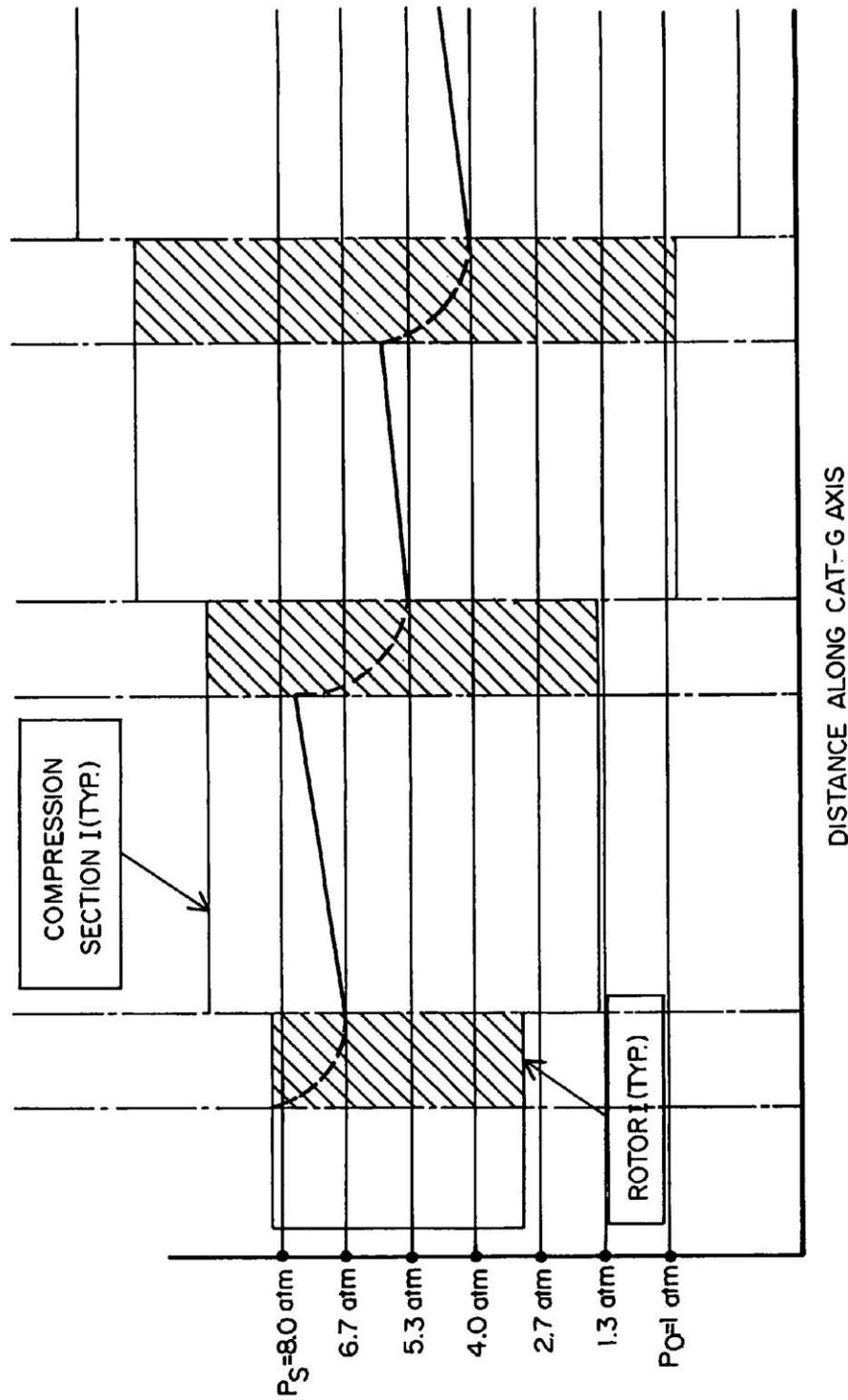


FIG. 9B

1

POWER GENERATION DIRECTLY FROM COMPRESSED AIR FOR EXPLOITING WIND AND SOLAR POWER

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

This application takes priority from provisional application Ser. No. 61/274,614 filed on Aug. 18, 2009.

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

The present invention relates to a novel machine (the Compressed Air Turbine-Generator, or CAT-G) to manage energy gathered from renewable sources, such as solar and wind power. Compressed Air Energy Storage (C.A.E.S.) is a promising mode of clean energy storage. A major challenge facing this technology is the need to efficiently convert the compressed air energy into electricity. Commonly, the high-pressure air is used only to improve the efficiency of a conventional jet-powered turbine generator. The focus herein is on a new technology that efficiently converts the energy stored in compressed air directly into electrical power without producing greenhouse byproduct gases or other pollutants. This new capability will add important flexibility to the optimization of ecologically friendly energy systems.

2. Background Discussion

A common deficiency of many Renewable Energy schemes is the lack of an effective way to store the energy for use when the source is not operational. Wind and solar power provide such challenges. FIG. 1 shows a practical system that is based on the compression of air and the storage of energy (in a "Heat" and a "Pressure" Reservoir) at ambient atmospheric temperature, T_o . It illustrates that wind power can be used to compress air (from the atmosphere) so that high pressure air goes into a 'C.A.E.S. Energy Storage Reservoir' and the energy from the constant temperature (Isothermal) air compression flows (as heat) into a Water (Heat) Reservoir. (Heating the water in this tank does raise its temperature slightly so that, in general, $T_{WATER} \cong T_o$; but this elevation in temperature is not critical to the storage-recovery process).

An obvious advantage of this configuration is that the energy stored at T_o is not lost by dissipation to the environment. Any energy reservoir that is hotter than T_o must lose energy to colder regions by convection, conduction and radiation. With the energy reservoirs held at, or near T_o , thermal convection, conduction and solar heating helps stabilize the energy reservoirs, as energy (via heat-flow) is consumed in the recovery part of the storage-recovery process.

It is also apparent that a vital element of this scheme is a means for recovering the stored energy from the reservoirs and delivering it in a useful form. Although the focus herein is on the design and operation of the CAT-G, it is important to remember that the behavior of the energy reservoirs (including the Earth's atmosphere) at $T \approx T_o$ must be understood as critical parts of the storage and recovery system.

SUMMARY OF THE INVENTION

The invention described herein is an axial turbine system that functions in the manner of a cascaded set of shrouded windmills, often called a ducted fan system.

As shown in FIG. 2, the blades of the turbine stages act as the blades of windmills. As high pressure drives air past the blades, turbine rotation extracts mechanical energy and also reduces the pressure of the expended air. The mechanical

2

energy extracted by the turbine stage is converted to electrical energy in a convenient manner. In this system, the airstream cannot deflect around the rotating blades as in a conventional windmill. It must flow through the blades and along the axis of the system. The airstream, having given up some energy to the 1st stage of rotating blades, exhibits a pressure drop and an increase in volume. Absent a source of heating within the CAT-G, there would typically also be a reduction in temperature that is both significant and progressive. By means of the inter-stage heating, energy from the Water (Heat) Reservoir is added to the decompressed air, and this air is thereby returned to T_o (ambient temperature). With increasing temperature, the air stream (periodically) regains some pressure as it passes through the CAT-G. Because the air stream contains additional energy that can be extracted, a second set of blades is placed downstream of the first. As the volume of the air has expanded in the first rotor, the blades of the second rotor must be somewhat longer.

The overall design challenge is to optimize the air flow, the heat exchange, the blade size, shape and rotation speed to maximize the overall efficiency of energy recovery.

In summary, the turbine stages cause the air pressure to be stepped down, stage by stage, from the high entry pressure to atmospheric pressure at the outlet. As the air expands, heat is supplied from an ambient temperature reservoir. This increases the air pressure and temperature as necessary for efficient energy recovery. The addition of heat is vital for energy recovery in the CAT-G. Thus, maintaining the compressed air at (or near) T_o at certain points in the CAT-G is a critical design element that is discussed in detail below.

The principal design goal of the CAT-G is to achieve high efficiency for energy recovery from stored compressed air and heat, converted into electricity.

Consider two ways of adding energy to an air storage reservoir. First, the air can be compressed quickly, which increases both pressure and temperature. If no heat is drawn off (into a heat reservoir), this process increases temperature sharply. Second, pressure can be increased slowly (allowing heat to be drawn off into a reservoir that is roughly at ambient temperature) so that the air compressed into the high-pressure storage reservoir remains at ambient temperature. Thermal contact with a heat reservoir leads only to increased pressure (not temperature) in the air reservoir. In the C.A.E.S. application, where compressed air is a medium for energy storage, it is desirable to avoid raising air temperature as energy is easily lost from high temperature storage reservoirs by heat flow to cooler surroundings. Processes (of the first kind) that do not involve adding or removing heat are called Adiabatic. However, as shown in FIG. 1, the CAT-G is used in conjunction with a system based on the second kind of compression process, called Isothermal. Below, the physics of storing energy by either adiabatic or isothermal compression of air is described and compared.

The air compressor in FIG. 1 is cooled by water from the Water (Heat) Reservoir, where energy from isothermal compression is retained, (slightly) raising the temperature of the large volume of water within this reservoir. To be most effective, this reservoir must readily exchange heat with its ambient environment (e.g., the atmosphere). It therefore cannot retain the added heat from the compression of air for any long time. Even if some of the stored energy from isothermal compression was dissipated (and this reservoir was to cool back to T_o), sufficient energy remains to provide the necessary heating inside the CAT-G.

To accomplish the high efficiency goal stated above, an important design principle is that the air flow through the CAT-G must approximate a constant temperature (isother-

mal) process. This is because isothermal compression followed by isothermal expansion back along the same path would ideally permit complete (100% efficient) energy recovery. In pursuing this goal, it is important to avoid the numerous factors (including heat loss from the system) that can prevent recovery of some stored energy. The design goal of the CAT-G is to duplicate (but in the reverse direction) the constant temperature process by which air was initially compressed into the storage reservoir. Therefore, an important requirement is that energy must be converted to electricity without changing the air temperature at the entrance of each CAT-G stage.

In theory, it is possible to use any compression process and then completely recover the stored energy as long as there is a process that can be used to restore the system to its initial configuration. The selection of an isothermal compression process is based on the ability it provides to avoid heat losses from the system's reservoirs. For example, if we were to begin with ambient air and use adiabatic compression for energy storage, the temperature of the air storage reservoir would rise to about 509° F.! Using a high temperature reservoir would facilitate the recovery process as it would make it easier to recover the adiabatic work using a machine like the CAT-G, as no injection of heat would be needed between the stages. By starting with appropriately high temperature air, the air reservoir would contain sufficient energy that an expansion sequence based only on adiabatic expansions of air could result in energy recovery with an exhaust that is at (P_O, T_O). Using high temperature reservoirs is, however, an impractical approach for long-term storage because such reservoirs necessarily dissipate heat by convection, conduction and radiation losses to the cooler environment. This lost energy cannot be returned to a high temperature heat reservoir without additional work. The heat loss is thus an irreversible process.

Therefore, by choosing isothermal compression, the complexity of providing loss-less heat storage transforms into one of providing a means to effectively supply energy, by means of heat flow (from a T_O reservoir), to the air flow between the CAT-G rotors. This required energy is supplied from the same reservoir that was used to absorb the heat from isothermal air compression (i.e., it is essentially gleaned from the atmosphere); and, such heat addition must be included to establish a (quasi) inverse to the isothermal compression process.

There are, of course, many additional requirements involved in approximating ideal reversibility (including avoiding turbulence in the airstream and minimizing friction); but with only a discrete number of compression (re-heating) sections the CAT-G expansion process can be, at best, only a rough, piecewise fit to the isothermal compression curve. Fortunately, we will also see that the fit is close enough to provide a remarkably good thermodynamic efficiency for energy recovery that is above 90%.

The mechanics of extracting energy from the pressurized airstream in the CAT-G relies on the aerodynamic properties of the rotors. A detailed aerodynamic analysis is yet to be done, however some basic principles are worth noting. Two important blade design factors are Tip Speed Ratio, TSR, and Power Coefficient, c_p , (not to be confused with the Heat Capacity of Air at constant pressure, C_p).

$TSR = \Omega R / v$, where Ω is the speed of rotation (radians/s) and v is the air flow rate (the free-stream-velocity of the wind).

FIG. 3 shows the relationship between TSR and c_p ; a principal element in the design of the CAT-G rotors. FIG. 3 corresponds to an unshrouded rotor. We assume that the aero-

dynamic characteristics of the shrouded rotors within the CAT-G behave in a similar manner.

First, it is important to note that c_p peaks to slightly more than 40% for a TSR of about 8. Thus, designing near this peak will provide energy extraction of about 40% per-stage. This is consistent with an assumption of a pressure (and energy) drop of about 40% per stage that is used in the example that follows.

Second, it is important that the CAT-G stages can have different rotational speeds. To maintain TSR of about 8 in stages having different blade lengths, it is necessary that ΩR be constant for each stage (specifically, $\Omega R = 8$ in general). Therefore, Ω must decrease, as the stage volume increases, proportional to $1/R$.

Total efficiency can be estimated (in the ideal case of no losses due to turbulence, friction, etc.) for a 6-stage CAT-G having each stage designed to extract 40% of the energy from the airstream. If each stage passes 60% of the input energy (and extracts 40%), the relative outlet energy will be only 0.6 to the power 6 (about 0.047) implying that the sum of the extracted energy is about 0.953, i.e. 95.3% efficiency! Unfortunately, this simple approximation does not account well, quantitatively, for the thermodynamic work of adiabatic expansion in the rotors combined with heat replacement. Although all the energy stored during compression cannot be recovered, the ideal thermodynamic efficiency, ϵ , is still respectably high.

The turbine stages cause the air pressure to be stepped down, stage by stage, from the high entry pressure to atmospheric pressure at the outlet. As the air expands, heat is supplied from a water (heat) reservoir at ambient temperature. This increases the air pressure and temperature is necessary for efficient energy recovery. The additional heat is vital for achieving high CAT-G recovery efficiency. Thus, maintaining the compressed air at (or near) T_O at certain points in the CAT-G is a critical design element that is discussed in detail below.

In summary, the CAT-G operates as follows:

1. Compressed Air in the C.A.E.S. reservoir acts like a compressed spring that releases some energy (from the internal energy of the air) to the 1st rotor.
2. The pressure head in this reservoir pushes the air along the CAT-G axis, through a compression section, containing heat exchangers, where energy from the "Heat Reservoir" reloads the spring by restoring the air to ambient temperature.
3. The energy recovery process continues, with subsequent rotors extracting energy from the "air-spring", and subsequent heat exchangers restoring this energy, until there is no longer sufficient pressure head in the CAT-G to move the air through another reheating stage. At this point, the spent air leaves the CAT-G outlet.

The principal benefit of the CAT-G comes from its compatibility with ambient temperature energy reservoirs. This is the basis for its capability to provide electrical power on a 24/7 basis (i.e., after an indefinite storage time) without consuming fossil fuel or producing any greenhouse gas byproducts, whatsoever. During periods of solar or wind energy generation, excess power (that which is not sent to a grid for immediate use) is used to drive air pumps and establish an energy reserve by forcing compressed air into air-tight storage chambers (e.g., subterranean caverns from depleted pools of oil or gas); and heat into the large heat reservoir (which can then be allowed to cool back to ambient temperature). The CAT-G is the critical element for efficiently converting the stored energy (C.A.E.S. and stored heat) directly into elec-

tricity. Because CAT-G operation does not require high temperatures, velocities or stresses, the equipment can be both low cost and durable.

Besides providing a safe and inexpensive means of implementing large energy stores, C.A.E.S. technology also benefits from the fact that compressed air (and the energy it carries) can be transported long distances simply via pipelines. It may prove beneficial to move compressed air in this manner from the renewable energy fields to distant points of storage and/or use. Local reservoirs of ambient temperature water can be readily provided and kept warm by atmospheric and solar heating. It may even prove effective, by the use of pipeline networks, to distribute high pressure air from many wide-spread regions of collection. This could prove beneficial for stabilizing wind-power reserves and for providing stored energy buffers close to the CAT-G that may be useful for minimizing electrical transmission line losses by allowing the CAT-G facilities to be situated close to the points of electricity usage.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The aforementioned objects and advantages of the present invention, as well as additional objects and advantages thereof, will be more fully understood herein after as a result of a detailed description of a preferred embodiment when taken in conjunction with the following drawings in which:

FIG. 1 is a schematic diagram of the preferred embodiment of a compress air energy storage and recovery system;

FIG. 2 is a diagram of a 6-stage compress air turbine generator (CAT-G);

FIG. 3 is a graph of power coefficient versus tip speed ratio in a CAT-G;

FIG. 4A is a graph of calculated output (shaft) power versus flow for a 6-stage CAT-G with 8:1 compressed air ratio generator. FIG. 4B is a graph of calculated output (shaft) power for a 6-stage 22.4:1 compressed air generator;

FIG. 5 is a graph of calculated output (shaft) power versus pressure for a 6-stage CAT-G with flow speed $v_0=0.91$ m/s.

FIG. 6 is a graph of calculated 6-stage CAT-G efficiency versus pressure.

FIG. 7 is a graph of the thermodynamic cycle of C.A.E.S. energy storage and recovery with a 6-stage CAT-G;

FIG. 8 is a cross-section of CAT-G showing heat exchangers to warm each CAT-G section to T_0 ; and

FIG. 9, comprising FIGS. 9A and 9B, provides in 9A a graph of temperature profile along the axis of a CAT-G and in 9B a graph of pressure profile along the CAT-G of 9A.

DETAILED DESCRIPTION OF A PREFERRED EMBODIMENT

It is unusual to discuss a turbine system where high pressure air is the source of input energy. The conventional turbine-engine is typically designed to draw in low pressure air which when used to burn hydrocarbon fuel (the source of input energy) generates a jet of high pressure output gas. This high pressure output can be used to produce either thrust, when it is ejected at high velocity (as in a turbojet aircraft engine), or mechanical power when it is used to spin a conventional jet turbine generator. In either case, the high pressure output produces enormous power. The CAT-G is clearly not a conventional turbine. However similar it is in design, there are some significant differences:

- 1) it consumes no fuel;
- 2) the relative amount of energy in the input air and the output air are reversed;

3) the design objectives and optimization criteria are reversed in that the principal goal for the CAT-G is to achieve maximum efficiency of the mechanical conversion of compressed air energy and heat into electrical power, whereas the principal goals for a conventional turbine are to maximize burn efficiency and thrust;

4) the CAT-G must be designed for a rate of exhaust flow that is as slow as practical. (energy exhausted in the form of a high velocity output air flow is wasted. In a conventional turbine engine exhaust flow is as fast as practical. Furthermore, high air flow speed through the CAT-G would also exacerbate the difficulty of effective heat exchange within the compression sections.

There is one important similarity between the CAT-G and a conventional turbine engine design that warrants further discussion. In order to maximize power (either thrust or electrical output), it is clearly preferable to operate the turbine-generator over the highest practical overall pressure differential. Based on aerodynamic effects (such as shown above in FIG. 3), there are physical limits on the pressure differential that can be supported across a single rotor stage. In conventional turbine design it is therefore common to cascade several stages in an axial flow configuration to achieve the highest practical end-to-end pressure differential. It is reasonable to assume that this design approach will also apply to the CAT-G. Accordingly, for purposes of this discussion (and in correspondence with the configuration shown in FIG. 2 and the data in FIG. 3), we consider the maximum one-stage pressure differential to be about 40%. It follows that six axially cascaded stages combine to produce an overall pressure difference of about 8:1. Based on the Ideal Gas Law (at constant temperature) gas volume increases by the same ratio as pressure decreases. So, to be consistent with tracking an isothermal expansion curve, we might expect the volume of each successive stage of the representative CAT-G to increase by 40%. However, the dominant work mechanism for air expanding through a rotor is adiabatic rather than isothermal. Volume expansion is therefore governed by adiabatic, not isothermal properties of air. Furthermore, pressure is increased after expansion in every stage. Because there can be only a small (in practice, finite) number of compression (heating) sections (6, in our example), the representative pressure-volume expansion profile along the axis of the CAT-G is actually described by a 6-step piecewise approximation to the smooth P-V curve that is the T_0 Isotherm corresponding to an expansion/compression ratio of 8:1. Notably, as shown along the x-axis in FIG. 7, the actual per-stage volume increases are not uniform (as they would be for true isothermal expansion), and the actual trans-rotor pressure drops (calculated for the 8:1 pressure differential) are substantially less than 40%.

The operation of the Compressed Air Driven Turbine-Generator is as follows:

High-pressure air from an external compressed air storage system is input to the first turbine stage at a controlled pressure and flow speed, and at ambient temperature.

This air expands adiabatically against the resistance of the blades of the first rotor stage. This rotor is loaded by an electrical generator to extract energy. The first stage rotor and related generator are designed to extract a specific quantity of energy.

The presence of a T_0 heat exchanger behind the first rotor is necessary to warm the air back to T_0 , and raise the air pressure in the larger volume compression section that precedes the second stage rotor.

Because of the extraction of energy by the first rotor (which is accompanied by a drop in pressure) mechanical energy is imparted to the blades and to the rotating shaft

to which they and the generator are physically attached. It is important to constrain the electrical generator power output in order to control the rotor speed (with each stage rotating independently of the others) so that each rotor functions at its peak efficiency.

The design of the second turbine stage is similar to the first except it must have a somewhat larger diameter to accommodate the volume expansion of the air exiting the first rotor.

Air flow speed must adjust with pressure and temperature throughout the CAT-G, to maintain constant mass-flow for the airstream.

Stationary deflector blades (stators, not shown in FIG. 2) are placed behind each rotor to keep the flow optimally aligned with respect to the CAT-G axis (i.e. the blades of the downstream rotating stage). It is likely that the mechanisms for heat-exchange will be integrated with these stators.

Systematically, stages with increasing diameter are cascaded so as to:

- extract electrical power as the air pressure is reduced by the adiabatic work delivered to the upstream turbine blades;
- maintain designated profiles along the turbine axis for air pressure, temperature and flow rate;
- inject heat and extract energy, stage by stage, until atmospheric pressure and ambient temperature are reached at the system outlet; and,
- generate electrical energy at every turbine stage that is combined to form the total turbine-generator energy output.

Compressed air is an attractive medium for energy storage because of its simplicity; and, through the use of the CAT-G, it is also attractive for the direct generation of electricity. The principal benefits of C.A.E.S. technology as described herein are that it:

- utilizes durable and inexpensive equipment, such as storage tanks and pipelines, which can be made from composite materials;
- is environmentally friendly in that "spills" do not produce any environmental hazards (as escaping material would merely be air or warm water);
- is relatively safe in that an accidental release of compressed air energy primarily emits a low mass material (air) which even at a high velocity does not have the potential to do serious damage or injury as a result of the transfer of a great deal of momentum; and,
- can effectively use concrete and steel shell enclosures to contain any fragments originating from the rupture of high pressure tanks or pipelines in a manner that seems straight-forward and inexpensive; the main requirement being adequacy to prevent high strength, low density materials, such as plastic composites or fiber glass, from escaping containment.

CAT-G electrical power generation requires that compressed air energy is supplied from the site of the storage location to the site of the CAT-G. Compressed air technology can be used to both transport the stored energy and to convert it into electrical power, but it is important to note when designing the system, that the required pressures and flow rates are different for each case.

Calculations suggest that significant power, in very high pressure compressed air form, may be piped even relatively long distances with a low pressure drop. Because wind forces are erratic, it may be advantageous to use a high pressure pipeline approach to link several compressed air storage tanks to the compressed air 'collection' sites, as well as, to the

CAT-G sites. For example, using a 20" diameter (smooth) high pressure pipeline, a relatively low flow rate (e.g., 2.2 ft³/s) and a relatively high pressure (e.g., 470 atmospheres), 10 MW of power can be transmitted from a point of power collection to another point (of use or storage) up to 50 miles away with less than 12% loss (i.e., pressure drop). Air does have finite viscosity, and because it interacts with pipe walls as it flows, transmitting substantial power by means of high pressure pipelines requires careful engineering to avoid turbulence and excessive pressure drops.

In contrast, using the CAT-G requires comparatively lower pressures and higher volumes of air flow (but not necessarily higher flow speed). In our example, the CAT-G is configured for a range of pressure head of only 8 to 22.4 atmospheres. Therefore, with pressure at 22.4 Atm and cross-sectional area about 1.0 m² flow speed of 1.75 m/s yields a power of about 20 MW.

In summary, if the wind or solar energy collection sites are far from the energy storage sites, it may be advantageous to move the energy directly through high pressure pipelines with moderate flow rates, and thereby avoid the use of electrical transmission lines and electric-powered air compressors located at the C.A.E.S. reservoir. For the CAT-G unit to operate effectively, compressed air energy should be supplied at comparatively low pressure and high mass flow rate. It follows that the CAT-G units should be placed relatively close to the energy reservoirs that support them.

Fundamentally, power generating capability is determined by the overall pressure drop across the CAT-G, the rate of airflow and the length of the turbine blade (i.e., the cross-sectional area of airflow). Power capacity increases with flow rate because of the increased input rate of compressed air energy. However, there is a point of diminishing returns where efficiency begins to drop off with incremental increases of flow speed. This is because the amount of kinetic energy lost to the output air stream becomes significant at higher flow rates (it is also likely that high flow rates will interfere with heat exchanger effectiveness). This behavior is demonstrated by the calculated results in FIG. 6 (for the 6-stage CAT-G configuration that is depicted in FIG. 2) operating with an input pressure range of 8 to 22.4 atmospheres.

For a constant input cross-section (e.g. $A_c=1.02 \text{ m}^2$) FIGS. 4A and 4B show that output power increases with flow rate. It shows, further, that output power in the multiple megawatt range is achievable with a realistic scale of design. FIG. 4 also illustrates how at a constant flow (e.g. look vertically along Flow Rate=1.25 m/s) output power increases with turbine area. These results were calculated using the same thermodynamic model that produced Table 1.

FIG. 5 shows that power increases with input pressure; and that substantial power is produced even with relatively small cross-section and low flow speed. This figure also shows that about 2 MW can be obtained with $v=0.91 \text{ m/s}$ and merely $A_c=0.58 \text{ m}^2$. However, Table 1 shows that for this case, with $P_s=22.4 \text{ Atm}$, the CAT-G output stage is 18.3 times larger than A_c , and this would correspond to a cross-sectional outlet area that is about 3.7 m in diameter. Thus, for many lower power (smaller) applications, such as for the 'Air Car' described below, it may be desirable to design with relatively low values of A_c and high v .

FIG. 6 shows that CAT-G efficiency drops slightly and output pressure increases with P_s . Outlet flow speed increases with outlet pressure, and therefore the amount of initially stored energy that is expended as kinetic energy also increases. The velocity of expended air v is controlled by the aerodynamic design of the CAT-G and is, therefore, and important design variable for determining power. Power and

efficiency calculations are based on treating the air flow speed v_0 into the CAT-G as an independent variable. The aerodynamics of flow through the CAT-G determines the actual value of v_0 that will result from the pressure drop applied across it. An extended model that includes blade design and other properties that control impedance to flow is thus needed to complete the design of a CAT-G device. Increasing this speed reduces efficiency.

There are some basic scaling relationships that are worth noting. For example, one might wish to reduce the CAT-G complexity by employing only 4 stages instead of the 6 shown in FIG. 2. Assuming the per-stage pressure ratio is unchanged, it follows that the overall pressure head would drop by $1/2$. To generate the same total power, flow volume must therefore double. This can be accomplished by increasing the cross sectional area of the flow channel (i.e., increasing blade length) or the flow rate, or both. Increasing area results in a longer blade, and hence, a lower rate of rotation. Increasing flow rate would reduce the CAT-G efficiency. Alternatively, for constant power output, the working pressure head could be increased. This would necessitate using more (than 6) stages which could have shorter blade lengths and slower air flow speed.

This discussion has so far ignored the important issue of rotor design. The basic principles for this design are well understood, but the aerodynamic tradeoffs are complex. As for any rotor, blade shape must be determined so that they work efficiently over their entire length. The number of blades in the rotor must correspond with the relatively low flow speed and high torque desired. Their shape, number, rotational speed and dimensions need to be set to maintain axial (non-turbulent) airflow from stage to stage. The blades must be designed (in conjunction with the generator loads) to provide a controlled interaction with the (heated) airstream such that the extracted work just equals that corresponding to the adiabatic pressure drop at each stage.

As stated earlier, the isothermal compression of air is a familiar, simple and, in principle, a reversible process. The challenge here is to have the air expand and deliver work to a rotor system, and also approximate an isothermal process. This requires the effective injection of heat between the turbine stages. That is, aerodynamic flow must progress from the relatively cold outlet of a turbine rotor, through a region where heat is added, progressively raising air temperature and pressure, until ambient temperature is attained at the point of entrance to the successive rotor. We demonstrate by technical analysis below that such flow is both realistic and practical.

The following is an analysis that is helpful in understanding the physics of C.A.E.S., including the pressure, volume, temperature and energy relationships. A specific example is considered where the energy is stored at a pressure of 8 Atm, in correspondence to the input pressure for the 6-stage CAT-G (discussed above). The analysis includes the relationship between the volume of the reservoir, the pressure and the total energy stored.

In general, conservation of energy requires that heat added to a gas, δQ , equals the work done by the gas, δW , plus the change in internal energy of the gas, ΔU .

Adiabatic Compression: When the heat is unchanged, the process is called adiabatic, and $Q=\Delta U+W=0$. Hence; $\Delta U=-W$, and change in internal energy, ΔU , equals the work done on the system (+)W. For an adiabatic process, $W_A=\Delta U_A$; the change in internal energy. It is well known that for an adiabatic process $\delta W_A=C_V(T_i-T_f)$, and $(T_f/T_i)=(P_f/P_i)^\alpha$, where $\alpha=(\gamma-1)/\gamma$, $\gamma=C_P/C_V$, and C_P and C_V are the heat capacities of air at constant pressure and volume, respectively. Therefore, if air compression were performed adiabatically, the final air

temperature would be higher by a factor of $(P_s/P_o)^\alpha$. For $P_s/P_o=8$, this factor is about 1.79; and for an initial temperature of 300 K the final temperature would be 537 K, or 509° F.

5 Isothermal Compression: A process that is performed in equilibrium with a thermal reservoir is called isothermal. While heat does flow between the air and the reservoir, the temperature does not change. As internal energy is a function only of temperature, ΔU_P , the isothermal change in internal energy, equals zero. Hence, for the isothermal process, $W_{ISO}=-Q_{ISO}$, the work done on the system equals the heat that flows into the reservoir.

It is well known that for an ideal gas $PV=nRT$, where P, V, n, R, and T are, respectively, pressure, volume, number of moles, molar gas constant and absolute temperature. Furthermore, the work performed by isothermal compression W_{ISO} from state (P_o, V_o) to state (P_s, V_{STORE}) is given by:

$$W_{ISO} = \int_{V_o}^{V_{STORE}} PdV,$$

which for an ideal gas, leads to $W_{ISO}=nRT_o \ln(P_s/P_o) = P_s V_{STORE} \ln(P_s/P_o)$.

Thus, we see that stored energy increases with pressure and is proportional to the volume of the air reservoir, V_{STORE} .

30 Comparison of Work Required for Adiabatic and Isothermal Compression to (P_s, V_{STORE}) : It is relevant to note that it would require significantly more work to arrive at state (P_s/V_s) by first performing an adiabatic compression to P_s , and follow this by cooling at constant pressure to temperature T_o . This adiabatic compression from P_o to P_s raises the temperature from T_o to T_{SA} , where $T_{SA}=T_o(P_s/P_o)^\alpha$. The associated adiabatic work is therefore $C_V T_o [(P_s/P_o)^\alpha - 1]$. Bringing the air to T_o requires cooling to remove heat, $Q=C_P T_o [(P_s/P_o)^\alpha - 1]$. Thus, compressing adiabatically requires extra work that amounts to "wasted energy" when the goal is to arrive at state (P_s, V_{STORE}) . This excess work is:

$$\begin{aligned} -W_A + Q &= (C_P - C_V) T_o [(P_s/P_o)^\alpha - 1] = nRT_o [(P_s/P_o)^\alpha - 1] \\ &= P_s V_{STORE} [(P_s/P_o)^\alpha - 1] \text{ with } (P_s/P_o) = 8 \text{ the excess} \\ &\text{work is about } 0.79 P_s V_{STORE}. \text{ Hence, for an 8:1 compression,} \\ &\text{the excess is about 38\% of the total isothermal} \\ &\text{work required to compress the air from } (P_o, V_o). \end{aligned}$$

The following describes the relationship between the quantity of energy stored isothermally, to the air reservoir volume, V_{STORE} , and storage air pressure, $P_s=22.4$ Atm. The calculations are based on isothermal air compression at ambient temperature T_o as shown schematically in FIG. 1. In addition to this storage of compressed air, isothermal compression also produces heat, ΔQ , that is stored in the Heat Reservoir in FIG. 1.

For energy storage at 22.4 Atm. (pressure ratio $(P_s/P_o)=22.4$), the energy equation shows that the total stored energy, ΔQ , is given by: $\Delta Q=W=P_s V_{STORE} \ln(P_s/P_o)$, hence with $P_s/P_o=22.4$ (and at T_o , 1 Atm being equivalent to 0.8 Watt-Hr per cubic foot of storage volume) we can express the stored energy density as $\Delta Q/V_{STORE}=8(0.8)\ln 22.4=55.7$ Watt-Hr per cubic foot of storage capacity.

We can determine, for example, the air storage volume necessary to provide a reserve of 1,000 MW-Hr at relative pressure of 22.4 atm. With $\Delta Q=10^9$ W-Hr we see that that about 18 million cubic feet of storage space is required. While this seems like a huge space, in terms of storage in under-

ground caverns, the requirement corresponds to a space about 10 feet high, spread over a square area that is 1/4 mile on an edge.

As previously discussed, the thermodynamic cycle for the isothermal compression of air from (P_O, V_O) to (P_S, V_{STORE}) begins with compression along the dashed-line T_O Isotherm in FIG. 7. This step provides the energy that is stored in the reservoirs, and which is issued to 'fuel' the energy recovery stage of the cycle.

In the discussion that follows, it is helpful to consider V_S and V_O as incremental volumes of air passing through the CAT-G that can be summed to equal the entire volume of stored air. The CAT-G expansion (or energy-recovery) process of FIG. 7 is shown by the heavy black line that zigzags downward from the point (P_S, V_S) in the upper left corner, to the point (P_O, V_O) in the lower right. The downward curved sections of the path follow adiabats (paths of constant heat), with each originating at $T=T_O$ (along an Isotherm such as denoted by a dotted line in FIG. 7). The adiabatic segments of the path illustrate the sharp drop in pressure associated with adiabatic work. A significant drop in temperature is also associated with each of these pressure drops.

In correspondence with the previously described CAT-G example, the pressure levels for each stage diminish, stage by stage, in 6 steps. The vertical segments in this path correspond to pressure increases caused by the addition of heat by the heat exchangers that follow each rotor. The heat exchangers are in thermal contact with the heat reservoir.

Because of the first adiabatic pressure drop from P_S to P_1 , the air cools to $T=T_{A1}$, but it is then reheated to T_O in a compression section before entering the second rotor. The addition of heat $Q_1=C_v(T_O-T_{A1})$ raises the pressure (at constant volume). This addition of heat is vital to the energy-recovery process. The sequential pressure drops associated with adiabatic rotor-work followed by reheating to boost pressure continues along the axis of the CAT-G.

The energy-recovery path in FIG. 7 indicates that the sector volume increases very gradually in the first few stages. The increase in volume is more gradual than stated earlier (when describing isothermal air expansion) because adiabatic expansion follows a relationship whereby PV^γ is a constant ($\gamma=1.39$, for air), while for isothermal expansion, the exponent of V is 1! (Stage volume drops more slowly in the adiabatic process because of the higher exponent).

For the purpose of simplification, the heat exchangers and the compression sections are not shown FIG. 2; a phantom-view of the CAT-G. FIG. 8 shows the cross-section of two representative rotor stages, including heat exchangers (also used as stators to promote axial air flow).

The cylindrical sections following each rotor contain a set of heat-exchange vanes that are aligned with the CAT-G axis. They are held at ambient temperature T_O by means of circulation of fluid from the Heat Reservoir (See FIG. 1). Heating of the air stream corresponds to the vertical segments of the expansion path in the thermodynamic cycle of FIG. 7. As shown there, and in FIG. 9A and FIG. 9B (below), the addition of heat raises both the temperature and pressure along the axis of the compression section. Raising air temperature back to T_O is required in order to bring the CAT-G expansion path back to the Compression Isotherm after the adiabatic expansion at each rotor.

It is important to remember that as a consequence of adiabatic expansion in the rotor, the compression section is relatively cold at the input end, and (owing to the temperature of the Heat Reservoir that feeds the heat exchangers) is T_O at the output end. Heat is added as air flows through the compression sections. FIG. 9a shows the temperature dropping within

the rotor and then increasing along the length of this cylinder as heat is absorbed. The length of the compression section, the rate of heat addition and the flow velocity must be determined so that the temperature reaches T_O at the end of each compression section. When this condition is achieved, the pressure at the end of the compression cylinder corresponds to that (at the input the corresponding stage) on the T_O Isotherm in FIG. 7.

FIG. 9b shows pressure dropping within the rotor and then increasing as heat is absorbed in the compression section.

An important concern is depicted in FIG. 9b; namely, whether it is possible for the air stream to flow from the relatively cool, low pressure at a rotor outlet, to the relatively warm and higher pressure at the adjacent rotor input.

Because the compression sections and the heat exchangers are vital elements in which air flow occurs in the opposite direction to a pressure gradient; it is therefore essential to show that the thermodynamic variables do support such a flow. This is demonstrated by an energy analysis of a typical CAT-G section.

The energy analysis is based on Bernoulli's Equation which is expressed as:

$$Q=U_f-U_i+(v_f^2-v_i^2)/2 +g+y_f-y_i+P_fV_f-P_iV_i+W;$$

Where; Q is heat added to the system, U is internal energy, v is flow velocity, g is the acceleration of gravity, y is altitude, P is pressure, V is Volume and W is (shaft) work performed.

The feasibility of retrograde flow can be addressed by analyzing two adjacent regions of a CAT-G stage, namely, a rotor and the compression section that follows it. It is necessary that there is sufficient energy in the air stream for the flow to progress through the compression tube (and arrive at the input of the subsequent rotor). In other words, it is necessary that the final stream velocity (at the output end of the compression section) is not less than zero.

It will be demonstrated that starting with the C.A.E.S. conditions at the input to Rotor 1, with the compressed air at flow speed v_o leads to a moving air stream at the rotor outlet (which is also the input to the compression section). Furthermore, analysis of the compression section shows that the (kinetic) energy associated with the air stream flow is exactly sufficient to counteract the adverse effect of the opposing pressure gradient caused by heating. At the end of the compression section, the air speed is the same as when it entered the rotor, and all the other thermodynamic variables at the input to the subsequent rotor are exactly the same as for the initial rotor. The one difference is that the pressure at rotor 2 drops in correspondence to the 1-stage transition down the Compression Isotherm, in FIG. 7.

The first part of this analysis provides the change in thermodynamic variables corresponding to the adiabatic expansion through Rotor 1. Here, $Q=0$, $\Delta y=0$, and from the 1st law of thermodynamics $\Delta U+W_{A1}=0$. With $vin_1=v_o$, the velocity at the outlet of the 1st rotor is given by:

$$(Outlet\ velocity)^2=-2\ g(P_fV_f-P_iV_i)+(Inlet\ velocity)^2$$

And noting that this outlet velocity equals vin_i in FIG. 8, leads to:

$$vin_1^2=2\ g(P_SV_S-P_{A1}V_1)+v_o^2.$$

The second part deals with flow through the compression tube. Here, $Q=C_v(T_O-T_{A1})$, $W=0$, $V=V_1$, $\Delta y=0$, $P_i=P_{A1}$, $P_f=P_{ISO1}$, and (from the 1st law) $\Delta U=Q$.

In this region Bernoulli's equation reduces to:

$$v_f^2/2\ g=vin_1^2/2\ g-V_1(P_{ISO1}-P_{A1}),$$

Substituting from above gives:

13

$$vf_1^2/2 \text{ g} = (P_S V_S - P_{A1} V_1) - V_1 (P_{ISO1} - P_{A1}) + v_o^2/2 \text{ g}$$

or,

$$vf_1^2/2 \text{ g} = P_S V_S - P_{ISO1} V_1 + v_o^2/2 \text{ g}.$$

The final step is to invoke the ideal gas law, which reminds us that both $P_S V_S$ and $P_{ISO1} V_1$ are equal to nRT_O , proving that:

$$vf_1 = v_o.$$

Thus, the retrograde flow required within the compression sections is physically realistic.

High energy recovery efficiency is important for a storage/recovery system to be practical. Calculations show that the CAT-G is capable of high thermodynamic efficiency. These calculations are an important and encouraging result. Poor efficiency would imply that the 'extra' equipment needed to fill the air and heat reservoirs (during windy days while electrical demand is consuming the full output of pre-existing facilities) might not be cost-effective. If the CAT-G had poor efficiency, energy from storage might therefore be much more costly than energy supplied directly from operating wind turbines or solar farms. A conventional thermodynamic approach is used to calculate ideal efficiency for the cycle described in FIG. 7.

Efficiency is the ratio of energy produced to energy input per cycle. The CAT-G delivers electrical energy, but, for present purposes, the efficiency of mechanical to electrical conversion (i.e. the generators and combiners) are not included as part of the efficiency calculation. Instead we will calculate the (shaft) work (i.e., mechanical energy) delivered by the CAT-G cycle relative to the input energy which compressed the air. Although, the thermodynamic efficiency equations are valid in general, ϵ , as calculated here corresponds to the one particular CAT-G configuration, having 6 stages, which is used as our example and is both realistic and easy to analyze. No attempt has yet been made to optimize a detailed design for highest efficiency. ϵ is given in general by:

$$\epsilon = \frac{\text{CAT} - \text{G Adiabatic Work}}{\text{Total Input Energy}}$$

Where the total input energy is W_{ISO} , which includes the energy that produced the added heat Q_{IN} that is drawn from the heat reservoir.

Calculation of Adiabatic Work: We begin by recalling that for adiabatic processes, PV^γ is a constant. Furthermore, adiabatic work, W_A , done in transition from initial state, i, to final state, f, is given by:

$$W_A = C_V (T_f - T_i)$$

This, for our example leads to:

$$W_A = C_V [(T_O - T_{A1}) + (T_O - T_{A2}) + (T_O - T_{A3}) + \dots + (T_O - T_{A6})]$$

For the 1st stage adiabatic process, pressure is related to temperature by:

$$\frac{T_{Ai}}{P_i^{\gamma-1/\gamma}} = \frac{T_o}{P_o^{\gamma-1/\gamma}}, \quad \text{Eq. (1)}$$

where the right-hand side corresponds to the temperature and pressure before the adiabatic expansion, and the left, after the

14

adiabatic expansion. Similarly, volume before and after (with the same convention) is related to temperature by:

$$V_i T_{Ai}^{1/(\gamma-1)} = V_S T_o^{1/(\gamma-1)}, \quad \text{Eq. (2)}$$

In the compression section, the quantity of heat added is given by:

$$Q_{IN} = C_V (T_O - T_{Ai}).$$

After this heating, pressure at the far end of the compression section rises to:

$$P_{ISOi} = \frac{P_S V_S}{V_i}, \quad \text{Eq. (3)}$$

where P_{ISOi} and the other three parameters in Eq. (3) all sit on the T_O isotherm. Eq. (1), Eq. (2) and Eq. (3) can be iterated to calculate the intermediate pressures, volumes and temperatures through all the stages of a CAT-G. The thermodynamic parameters for all stages can be determined starting with a stated (chosen) pressure profile P_i for the outlets of each rotor. For example, the input pressure at the 1st rotor is P_S , the volume is V_S and the temperature is T_O . Eq. (1) gives the temperature T_{A1} after adiabatic expansion to specified pressure P_1 . Eq. (2) gives the volume at the rotor outlet (i.e., the inlet to the 1st compression section). Eq. (3) gives the (elevated) pressure at the outlet end of the compression section (i.e., the inlet to Rotor 2). In general, starting with rotor inlet pressure P_{ISOi} , and next stage (specified) rotor outlet pressure (from the design profile) $P_{(i+1)}$, Eq. (1) gives $T_{A(i+1)}$; Eq. (2) gives V_{i+1} , and Eq. (3) gives $P_{ISO(i+1)}$.

The thermodynamic properties of a 6-stage CAT-G were simulated in this manner using an Excel spreadsheet, The resulting parameters were used to calculate the (shaft) work W_A , and the heat input Q_{INi} for each stage and also to calculate the sums of these quantities.

Finally, as was demonstrated above, the input work for isothermal air compression (as used to calculate the total energy stored in the C.A.E.S. reservoir) is:

$$W_{ISO} = RT_O \ln(P_S/P_O), \text{ per mole.}$$

Which, for the required isothermal work input to move one stage up the compression path along the T_O isotherm from $P_{(i+1)}$ to P_i is given by:

$$W_{ISOi} = RT_O \ln(P_i/P_{(i+1)}), \text{ per mole.}$$

The overall efficiency of the CAT-G can readily be calculated from the sums of the per stage (shaft) work W_A and the sums of the per stage work of isothermal compression W_{ISO} using the familiar expression:

$$\epsilon = \frac{W_A}{W_{ISO}}.$$

Calculated Efficiency: Throughout this document, a hypothetical pressure profile has been discussed whereby the pressure drops per rotor in 6 steps from the CAT-G inlet pressure to the outlet. Excel calculations using equal trans-rotor drops for every rotor revealed that most of the work was performed by the final stage. There, the pressure drop was over 50%. FIG. 3 shows that rotor blades do not work well at so large a trans-rotor pressure drop; therefore, such a pressure profile is not workable. The calculations presented from this point forward refer to a pressure profile that has a constant ratio for the 6 trans-rotor pressure drops.

Using the constant pressure ratio approach with 6 rotor stages and with $\gamma \approx 1.39$ for air and $P_s/P_o = 8$ for the simulation gives 29.3% pressure drop across each rotor, and overall CAT-G efficiency of 93.9%. (See FIG. 6).

The tabulated values presented in Table 1 below correspond to $P_s/P_o = 22.4$, which gives equal trans-rotor pressure drops of 40.4%, and an overall efficiency of 90.1%.

Table 1 below shows a representative thermodynamic calculation for a modified pressure profile that gives an overall efficiency of over 90%. This pressure profile is particularly attractive because it results in an equal percentage trans-rotor pressure drop across each rotor, and thereby allows every rotor to be set to operate at the peak c_p coupling point (that is shown in FIG. 3). The table also shows that the optimal trans-rotor pressure drop for a 6-stage configuration is achieved with input pressure set at about 22.4 Atm. The conditions in Table 1, therefore, roughly correspond to the highest practical P_s/P_o ratio for a 6-stage CAT-G. The table also presents the temperatures at each rotor outlet (in degrees Kelvin) and the volume of each stage (relative to $V_s = 1 \text{ m}^3$). The 'Isotherm Pressure' is the pressure (in Atm) at the end of each compression section (i.e., when the temperature returns to 300K). W_{Ai} is the adiabatic (shaft) work for each rotor; W_{ISOi} is the work supplied to (isothermally) compress the air from $P_{ISO(i+1)}$, back to P_{ISOi} , and Q_{INi} is the heat added in each compression section. All tabulated energies are in units of joules/mole. Efficiencies are presented for each CAT-G stage, and for the overall CAT-G (which is the ratio of W_A to the sum of W_{ISO} and Q_{IN}).

The value of total adiabatic (shaft) work W_A is particularly useful as it can be readily converted to output power by noting that:

$$V_s = A c v \delta t;$$

with output (shaft) power given by $W_A / \delta t$.

The number of 'moles' of air in volume V_s is calculated from:

$$n \approx P_s \cdot 10^3 / 22.4 \text{ 'moles' / m}^3 \text{ at } T = 300\text{K}.$$

This approach to converting (shaft) work to (shaft) power was used as the basis for FIGS. 4, 5, 6A and 6B.

stood that the invention herein provides a way for turning renewable energy sources such as wind mills and solar receivers into an electricity source when needed and where needed using a relatively high efficiency system of generating electric energy from compressed air.

The scope herein is not necessarily limited to the embodiments disclosed herein, but instead to the appended claims and their legal equivalents.

I claim:

1. An apparatus for generating electrical power from compressed air; the apparatus comprising:
 - an axial turbine having a cascaded plurality of shrouded stages between an air inlet and an air outlet, the air inlet being at a pressure that is higher than the pressure at the air outlet,
 - each said stage having a set of rotor blades for being propelled by said compressed air, the blades in said stages being greater in length at each successive stage toward said air outlet; and
 - each such stage between said inlet and said outlet responding to an air pressure drop by causing rotation of a turbine shaft to generate electricity;
2. The apparatus recited in claim 1 wherein said compressed air at said inlet is derived from an air compressor powered by a source of renewable energy.
3. The apparatus recited in claim 1 wherein the pressure of said compressed air at said inlet is in the range of 8 to 22 atmospheres.
4. The apparatus recited in claim 1 wherein there are at least two of said stages between said inlet and said outlet.
5. The apparatus recited in claim 1 further comprising a storage tank for storing said compressed air.
6. The apparatus recited in claim 2 wherein said source of renewable energy is a wind-powered generator.
7. The apparatus recited in claim 2 wherein said source of renewable energy is a solar-powered generator.

TABLE 1

Calculated Results for 6-Stage CAT-G with $P_s = 22.4$ Atm [Energies are in joules/mole, with values tabulated for $V_s = 1 \text{ m}^3$]*									
Stage	Rotor Output Pressure Atm	Rotor Output Temperature K	Output Volume * V_s	Pressure Drop	Isotherm Pressure	WA	WISO	Qin	Efficiency
0	22.40	300.00	1.00		22.40				
1	13.34	259.41	1.45	40.4%	15.43	865	930	865	93.1%
2	7.95	249.04	2.34	40.4%	9.57	1086	1191	1086	91.2%
3	4.73	246.20	3.88	40.4%	5.77	1147	1264	1147	90.7%
4	2.82	245.41	6.50	40.4%	3.45	1164	1284	1164	90.6%
5	1.68	245.19	10.90	40.4%	2.05	1168	1290	1168	90.6%
6	1.00	245.13	18.30	40.4%	1.22	1170	1292	1170	90.5%
									Overall Efficiency
Total	6600	7251	6600	91.0%					

*Energy scales as V_s , which equals cross-sectional flow area of 1st rotor, A_c , multiplied by 1 meter of flow distance.

It will now be understood as a result of the disclosure herein of an exemplary embodiment, that the present invention is a method and apparatus for storing and generating electrical power from compressed air. It will also be under-

8. The apparatus recited in claim 1 wherein the air pressure at said outlet is at substantially 1 atmosphere.
9. A method for generating electricity from compressed air; the method comprising the steps of:

17

applying said compressed air to a first stage of an axial turbine for rotation of blades connected to a shaft for generating electricity;

permitting the pressure of said compressed air to be reduced in said first stage while causing the temperature thereof to be maintained at a substantially constant level through said first stage;

applying compressed air from said first stage to a plurality of subsequent stages for generating electricity in each such stage;

permitting the air pressure to be reduced in each of said subsequent stages until it is substantially at ambient pressure at the output of the last of said subsequent stages; and

causing the temperature of air at each of said subsequent stages to be maintained at a substantially constant level; wherein said steps of causing a substantially constant level of temperature at each said first and subsequent stage are carried out using a reservoir of fluid at ambient tempera-

18

ture and a heat exchange device at each said stage for carrying said ambient temperature fluid from said reservoir to said stage.

10. The method recited in claim 9 wherein the pressure of said compressed air at said first stage is between about 8 to 22 atmospheres.

11. The method recited in claim 9 wherein the compressed air is provided by an air compressor that is powered by a source of renewable energy.

12. The method recited in claim 11 wherein said source of renewable energy is a wind-powered generator.

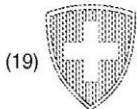
13. The method recited in claim 11 wherein said source of renewable energy is a solar-powered generator.

14. The method recited in claim 9 wherein there are at least two stages in said plurality of subsequent stages.

15. The method recited in claim 9 wherein each such stage has a turbine rotor having a plurality of rotor blades.

16. The method recited in claim 15 wherein the length of said rotor blades at each such stage is substantially inversely proportional to the air pressure at each such stage.

* * * * *



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 701 323 A2**

(51) Int. Cl.: **F25B 25/00** (2006.01)
F03B 17/02 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00944/09

(71) Anmelder:
Remo Zraggen, Lindenstrasse 33
6472 Erstfeld (CH)

(22) Anmeldedatum: 16.06.2009

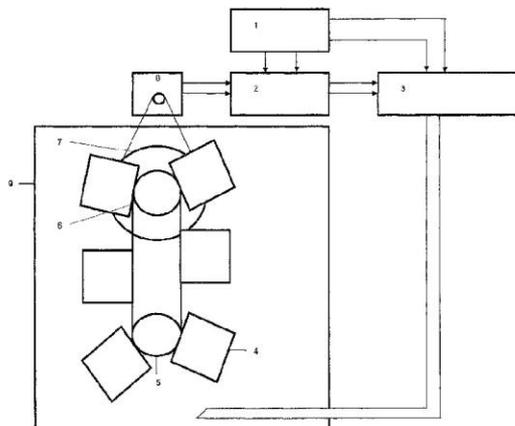
(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.12.2010

(72) Erfinder:
Remo Zraggen, 6472 Erstfeld (CH)

(54) **Luftmotor zur Erzeugung von Energie.**

(57) Die Solar- oder Windenergie (1) wird in einer Batterie (2) gespeichert. Bei Bedarf startet man den Kompressor (3). Der Kompressor (3) erzeugt Wärme. Die Wärme kann mit einem Wärmetauscher zum Heizen genutzt werden. Die Luft, die erzeugt wird, strömt in ein Wasserbad (9), das durch die kalte Luft abgekühlt wird und zum Kühlen genutzt werden kann.

Die Luft treibt eine Reihe von Behältern (4) an, welche seinerseits ein Antriebsrad (7) antreiben. Das Antriebsrad (7) treibt einen Generator (8) oder Alternator an, der wieder einen Teil der Energie in die Batterie (2) einspeist. Dadurch ergibt sich ein sehr hoher Wirkungsgrad.



CH 701 323 A2

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Erzeugung/Umwandlung von Energie

Stand der Technik

[0002] Mit Solarstrom oder Windenergie ist es schwierig Wärme oder Kälte zu erzeugen. Heute hat man eine Solarstrom- oder Windanlage zum Strom erzeugen, oder Sonnenkollektoren zum Wärme erzeugen.

Darstellung der Erfindung

[0003] Die Solar- oder Windenergie wird in einer Batterie gespeichert. Bei Bedarf startet man den Kompressor. Der Kompressor erzeugt Wärme. Die Wärme kann mit einem Wärmetauscher zum Heizen genutzt werden. Die Luft, die erzeugt wird, strömt in ein Wasserbad, das durch die kalte Luft abgekühlt wird und zum kühlen genutzt werden kann.

Die Luft treibt eine Reihe von Behältern an, welche seinerseits ein Antriebsrad antreiben. Das Antriebsrad treibt einen Generator oder Alternator an, der wieder einen Teil der Energie in die Batterie einspeist. Dadurch ergibt sich ein sehr hoher Wirkungsgrad.

Aufzählung der Zeichnungen

[0004] Eine Zeichnung, Prinzipschema.

Ausführung der Erfindung

[0005] Der Solarstrom, Windenergie (1) wird auf einer Batterie (2) gespeichert. Die Batterie (2) treibt einen Kompressor (3) an. Die erzeugte Luft wird unten in einen Flüssigkeitsbehälter (9) eingeblasen. Die Leitung endet unter einem Luftbehälter (4). Der Luftbehälter (4) ist auf dieser Seite unten offen. Der Luftdruck muss höher sein als der Wasserdruck. Die Luftbehälter (4) sind untereinander verbunden. (Zum Beispiel mit Kette, Zahnriemen, Keilriemen usw.) Die Kette verbindet das untere Ritzel (5) mit dem oberen Ritzel (6). Je grösser die Durchmesser, umso grösser das Drehmoment. Durch die Luft werden die Luftbehälter (4) nach oben gedrückt. Oben am Ritzel (6) Durchmesser entweicht die Luft. Das obere Ritzel (6) ist mit einem Antriebsrad (7) starr verbunden. Durch die Grösse des Antriebsrades (7) lassen sich Drehmoment und Drehzahl variieren. Das Antriebsrad (7) treibt einen Generator (8) oder Alternator an. Der speist wiederum die Batterie (2). Die Wärme des Kompressors (3), der Batterie (2), des Generators (8) können mit einem Wärmetauscher genutzt werden. Die Kälte vom Luftgekühltem Wasser ebenso. Bei schlechter Sonneneinstrahlung kann die Batterie (2) übers Netz geladen werden. Durch den Kreislauf, die Nutzung von Wärme und Kälte ergibt sich ein sehr hoher Wirkungsgrad.

Patentansprüche

1. Luftmotor zur Erzeugung von Energie
2. Luftmotor zur Erzeugung von Wärme
3. Luftmotor zur Erzeugung von Kälte
4. Luftmotor gemäss Anspruch 1 mit zwei Ritzel verbunden durch Kette
5. Luftmotor gemäss Anspruch 1 mit zwei Scheiben verbunden mit Zahnriemen oder Keilriemen
6. Luftmotoren gemäss Anspruch 1 in Serie geschaltet
7. Luftmotor in Verbindung mit Peltier Element
8. Luftmotor in Verbindung mit Sterling Motor

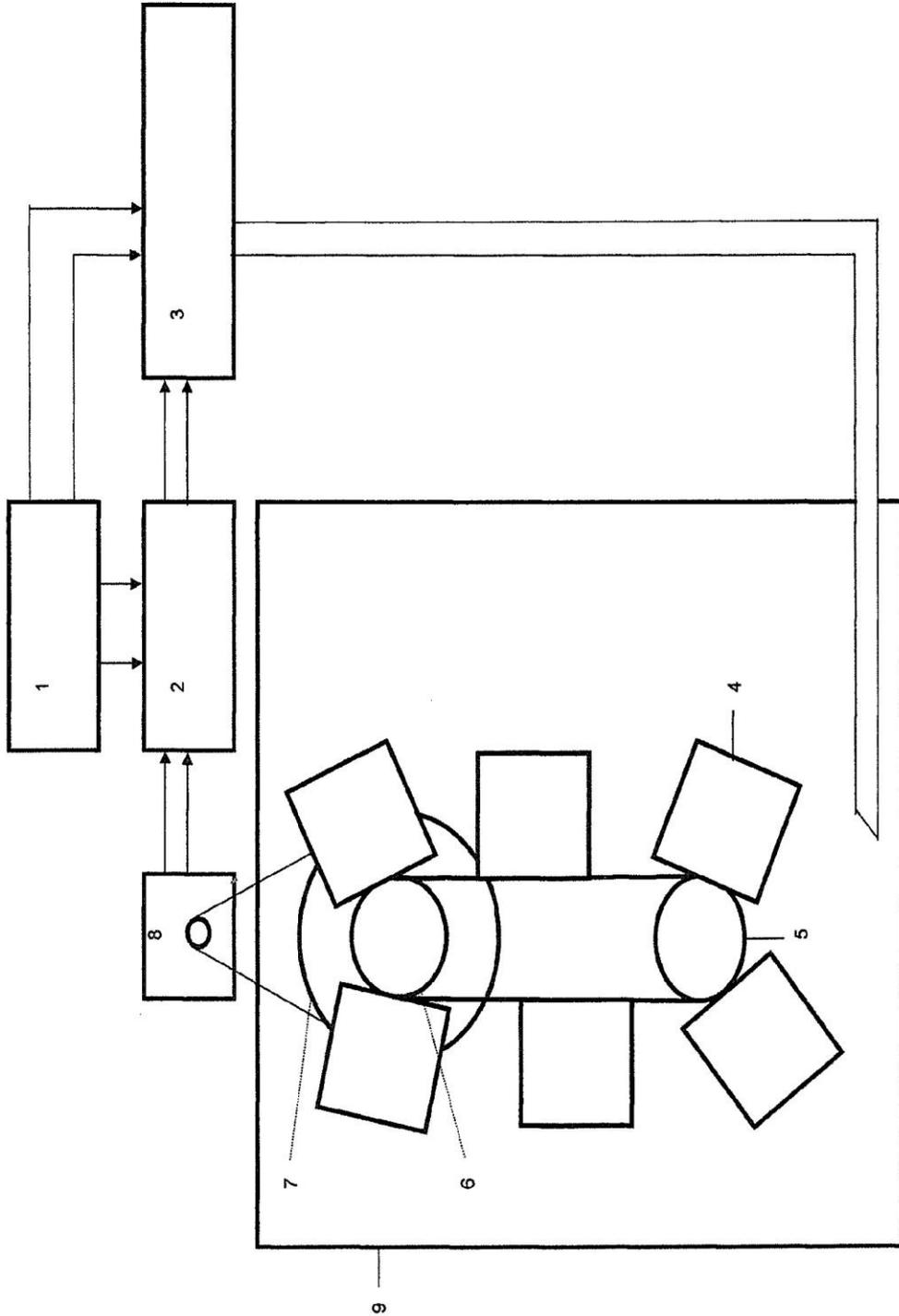


Fig 1